



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

Diseño, análisis y fabricación de los elementos auxiliares de una motocicleta para la “III Competición Internacional MotoStudent”

Titulación: Grado en Ingeniería
Mecánica

Alumno/a: Ismael García García

Director/a/s: Horacio T. Sánchez Reinoso

Cartagena, 14 de julio de 2014

ÍNDICE

Página

1. AGRADECIMIENTOS	5
2. OBJETO	6
ABSTRACT	7
3. ANTECEDENTES	8
4. INTRODUCCIÓN	9
4.1 Reglamento técnico	10
4.1.1. Dimensiones	10
4.1.2. Pesos	13
4.1.3. Ergonomía	13
4.1.4. Mandos: Manillar y Etriberas	14
4.1.5. Pinzas de freno	15
4.1.6. Sistemas de suspensión y dirección	16
4.2. Estudio de la motocicleta	16
4.2.1. Evolución histórica	16
4.2.2. Estructura de una motocicleta	19
4.2.2.1. Historia y tipos de chasis	19
4.2.2.2. Historia y tipos de basculante	24
4.3. Componentes de partida	26
4.3.1. Chasis	26
4.3.2. Basculante	28
4.3.3. Motor	30
4.4. Estudio de elementos auxiliares requeridos	32
5. ESTUDIO, ELECCIÓN Y ANÁLISIS DEL MATERIAL	34
5.1 Estudio y selección del material	35
5.1.1. Magnesio	35
5.1.2. Acero al cromo-molibdeno	35
5.1.3. Titanio	36
5.1.4. Fibra de carbono	36
5.1.5. Acero	37
5.1.6. Aluminio	37
5.1.7. Selección del material definitivo	37

5.2. Análisis de las propiedades y elección de las aleaciones de aluminio	38
5.2.1. Carga a rotura o resistencia a la tracción	39
5.2.2. Límite elástico	41
5.2.3. Alargamiento	43
5.2.4. Dureza	45
5.2.5. Selección de la aleación	47
5.3. Descripción de la aleación seleccionada	47
5.4. Control del material recibido	50
6. ESTRIBERAS	52
6.1. Cálculo de esfuerzos	52
6.2. Diseño, análisis y optimización	53
6.3. Proceso de fabricación	66
6.3.1. Plantilla	67
6.3.2. Palanca	70
6.3.3. Estribo de talón	72
6.3.4. Estribo de punta	73
6.3.5. Ensamblaje	74
7. TIJAS	76
7.1. Cálculo de esfuerzos	76
7.2. Diseño, análisis y optimización	78
7.3. Proceso de fabricación	87
7.3.1. Tija superior	87
7.3.2. Tija inferior	90
7.3.3. Óvalo	93
7.3.4. Eje	95
7.3.5. Ensamblaje	96
8. SEMIMANILLARES	98
8.1. Cálculo de esfuerzos	98
8.2. Diseño, análisis y optimización	100
8.3. Proceso de fabricación	107
8.3.1. Semimanillares o <i>acoples</i>	107
8.3.2. Barras	110
8.3.3. Ensamblaje	111

9. SOPORTE DE LA PINZA DE FRENO DELANTERA	114
9.1. Cálculo de esfuerzos	114
9.2. Diseño, análisis y optimización	118
9.3. Proceso de fabricación	125
9.3.1. Soporte de la pinza de freno delantera	125
9.3.2. Ensamblaje	129
10. SOPORTE DE LA PINZA DE FRENO TRASERA	131
10.1. Cálculo de esfuerzos	131
10.2. Diseño, análisis y optimización	135
10.3. Proceso de fabricación	142
10.3.1. Soporte de la pinza de freno trasera	143
10.3.2. Ensamblaje	146
11. RESULTADO FINAL Y CONCLUSIONES	148
11.1. Resultado final	148
11.2. Conclusiones	151
ANEXO 1: REGLAMENTO TÉCNICO MOTOSTUDENT	153
ANEXO 2: ASPECTOS GEOMÉTRICOS DE UNA MOTOCICLETA	185
ANEXO 3: HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS UTILIZADAS	195
ANEXO 4: PLANOS	229
ANEXO 5: ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS	249
BIBLIOGRAFÍA	255

1. AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer todo el apoyo recibido a mi novia, Elena; a mis padres, Juan Alfredo y Mariola; y a mi hermano, Juan José. A ella por su insustituible compañía día tras día y su apoyo firme en todas mis decisiones. A ellos por el tremendo esfuerzo que han hecho y siguen haciendo para brindarme la oportunidad de crecer. A todos ellos va dedicada la realización de este proyecto.

También quisiera agradecer a Horacio Sánchez y todo el equipo de MotoUPCT la ayuda y los medios prestados para llevar a cabo el presente proyecto. Así como a los patrocinadores del equipo que han hecho posible su materialización: Italkit, Circuito de Velocidad de Cartagena, Turbokit, I.E.S. Politécnico de Cartagena, Shiro, Dandy Moto, Rectificados Levante, Tecnoescape, Albacolor, Tamar y Universidad Politécnica de Cartagena.

Por último, quisiera acordarme de toda aquella gente: profesores, familiares, amigos o conocidos que en algún momento de mi vida me han prestado su ayuda o apoyo.

2. OBJETO

El objeto de este proyecto es el diseño y cálculo estructural de los elementos auxiliares que componen una motocicleta de competición, así como su desarrollo y posterior fabricación. Concretamente se trata de una motocicleta de 250 c.c. y 4 Tiempos, que posteriormente participará en el circuito de Motorland (Aragón) en la “III Competición Internacional MotoStudent”.

Por tanto, el objetivo será encontrar, en cada caso, el diseño más óptimo que se adapte al resto del diseño de la motocicleta y permita que ésta sea lo más competitiva posible. Se entenderá como diseño más óptimo aquel que proporcione la mejor relación rigidez/peso, ofreciendo además una buena adaptación al resto de la motocicleta -chasis, basculante, motor, etc.-.

Para el diseño de cada uno de los elementos auxiliares se realizará previamente un estudio de las distintas alternativas y opciones existentes en la actualidad, valorando cada una de ellas y decidiendo aquella que mejores prestaciones ofrezca. Para ello será necesario un intenso proceso de investigación y recopilación de información, en el cual también estará incluida la decisión sobre qué material emplear.

Una vez seleccionada la solución estructural a emplear y el material que se usará se realizarán diferentes diseños a través del programa de diseño 3D “SolidWorks 2013”, analizándolos posteriormente con dicho programa y su complemento de elementos finitos “SolidWorks Simulation” para buscar la modificación que ofrezca mejores prestaciones. Estas mejoras irán enfocadas principalmente a la reducción de peso, siempre y cuando se mantenga dentro del rango de rigidez aportado por el material, y a una mejor adaptación al diseño del resto de componentes.

Por último, cuando se haya definido por completo el diseño de cada elemento, se procederá a su fabricación y posterior ensamblaje en el conjunto de la motocicleta.

ABSTRACT

The aim of this project is the design and structural calculation of a racing motorcycle's supporting elements as well as its development and manufacturing. That is a 250 c.c. and 4 Strokes motorcycle which it will participate in the “III International Competition MotoStudent” in Motorland (Aragón).

Because of that, the main aim will be to find, in each case, the most optimal design in order to get a motorbike as competitive as possible. The most optimal design will be which it provides the best rigidity/weight relationship. That design will provide a good fit with the other components of the motorcycle.

First of all, we will carry out a research in order to know the different options and alternatives about each component. Then, we will decide which one has the best features. In this intensive investigation will be included the material selection.

When we have decided about which design and material using, we will make some different designs with the 3D program called “SolidWorks 2013”. After that, these designs will be analyzed with the FE program called “SolidWorks Simulation” and “SolidWorks” in order to improve them. These improvements will be focused on weight reduction as long as it remains within the range of material rigidity.

Finally, when the supporting elements designs are completely finished, it will proceed to manufacture and assemble them with the remaining components of the motorcycle.

3. ANTECEDENTES

Este proyecto surge como parte indispensable en el diseño y fabricación de una motocicleta de competición. Se encuentra englobado dentro de la competición MotoStudent, la cual recoge a diferentes universidades del ámbito nacional e internacional con el fin de diseñar y producir una motocicleta de competición, ayudando a los participantes en su formación como ingenieros. La organización de esta competición suministra un motor Sherco de 250 c.c. 4T, llantas, frenos y suspensiones, por lo que el diseño del resto de elementos resulta decisivo a la hora de un buen resultado final.

Dicha competición se divide en dos fases: la fase MS1 y la fase MS2. En la primera de ellas se valorarán los proyectos industriales presentados, tanto la parte de diseño como la viabilidad económica. Mientras que en la segunda fase se realizarán pruebas dinámicas a la motocicleta, tales como pruebas de aceleración, frenada o agilidad. Por último, y dentro de esta segunda fase, se celebra una carrera en la que todos los prototipos fabricados por las universidades compiten por ser la moto ganadora.

El diseño de este tipo de motocicleta en concreto se debe al reciente cambio que se ha producido en el Mundial de Motociclismo, sustituyendo la tradicional categoría de 125 por la de Moto3, con el fin de sustituir los motores de 2T por los de 4T (menos contaminantes).

El presente proyecto marcará las pautas de diseño y el proceso a seguir durante la fabricación de los elementos auxiliares que complementarán a la motocicleta que empleará en la futura competición el equipo representante de la Universidad Politécnica de Cartagena.

4. INTRODUCCIÓN

Como definición, se podría decir que los elementos auxiliares de una motocicleta son todos aquellos componentes que ensamblan con las principales estructuras de ésta, proporcionando mayor rigidez, soporte o mejora del comportamiento, dependiendo del caso.

Al igual que los componentes principales de una motocicleta –chasis, basculante, etc.–, los elementos auxiliares tendrán unas funciones básicas, englobadas en dos tipos: estáticas y dinámicas. Dentro de la función estática entra un aspecto que, aunque es evidente, cabe destacarlo, y no es otro que soportar el peso del motor o el piloto, así como de todos los esfuerzos que se generen. La función dinámica es quizás menos obvia pero es de vital importancia: los elementos auxiliares, en conjunto con el resto de la parte ciclo, deben proporcionar una dirección precisa, una buena manejabilidad, un buen agarre y un buen confort.

Para todo ello, los elementos auxiliares deben resistir adecuadamente los esfuerzos de torsión y flexión, de forma que las ruedas puedan mantener una relación correcta entre ellas, sin importar las dificultades u obstáculos que se presenten durante el uso de la motocicleta. Una relación correcta quiere decir que el eje de la dirección debe permanecer en el mismo plano que la rueda trasera, de forma que la geometría de la dirección no se vea afectada por posibles deformaciones.

Además deben permitir una buena manejabilidad de la moto, refiriéndose a manejabilidad como al esfuerzo físico necesario para que la moto responda a las acciones. Este aspecto dependerá fundamentalmente de la altura del centro de gravedad, el peso, la rigidez, la geometría, el tamaño de los neumáticos y los momentos de inercia de las ruedas y el conjunto moto/piloto.

Otro aspecto importante a considerar, aunque a veces obviado, es el confort. Este aspecto es importante tanto para una moto diseñada para circular por carretera como para una moto de competición, como es el caso. Los elementos deben ser capaces de soportar todos los imprevistos que se puedan encontrar en el trazado sin que existan deterioros o fallos.

Una vez claros todos estos puntos se podrá empezar el diseño de cada componente. Para comenzar éste es necesario, además, tener unos datos de partida que muestren el camino a seguir. Por ello, es sumamente importante la existencia de un reglamento técnico redactado por la Organización de la Competición que marcará las pautas y restricciones existentes, mostrando de qué libertades y qué límites se dispone.

Este reglamento junto con toda la información existente en libros especializados en cuanto a historia, soluciones y tipología de motocicletas, permitirá tener un punto desde el cual comenzar el presente proyecto y diseño de los elementos auxiliares. Por otro lado, será imprescindible el conocimiento de los componentes principales de la motocicleta -chasis, basculante o motor- como punto de partida para el diseño de los elementos auxiliares.

4.1. Reglamento técnico

La Organización ha establecido un reglamento técnico que contiene la normativa técnica reguladora de la competición. El objetivo de este reglamento es el de estandarizar y acotar la gran variedad de posibilidades que existe en la construcción de un prototipo de moto de competición. De este modo todos los proyectos presentados por las diferentes universidades inscritas en la competición se ajustarán a una línea de trabajo común, posibilitando una competencia objetiva entre los participantes. Dicho reglamento al completo se recogerá en el **Anexo 1: Reglamento técnico MotoStudent**.

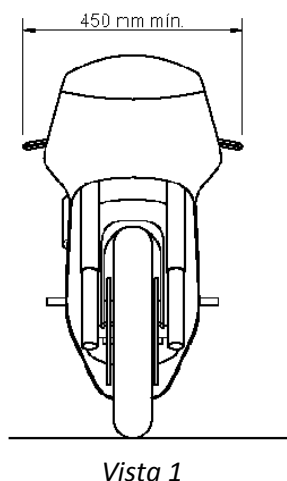
Por todo ello, el primer paso para comenzar este proyecto será la lectura y análisis detallado de dicho documento, buscando aquellos apartados que pueden restringir o limitar el diseño de los elementos auxiliares de la motocicleta, para ser consciente y entender qué es lo que se puede y no se puede hacer respecto al diseño de estos.

Una vez se ha analizado todo esto, se pueden considerar las siguientes restricciones establecidas por la Organización que afectan directamente a la elaboración de este proyecto:

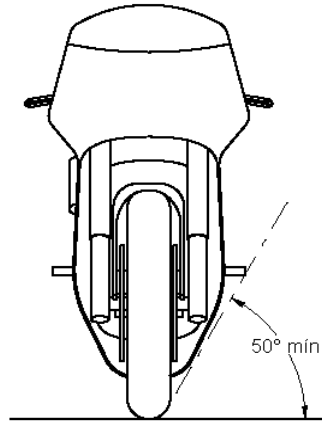
4.1.1. Dimensiones

Como se observa en la Fig. 4.1. las dimensiones de la motocicleta son libres exceptuando algunos requisitos básicos aquí enumerados:

- La anchura mínima entre los extremos de los semimanillares ha de ser de 450 mm. (Vista 1).

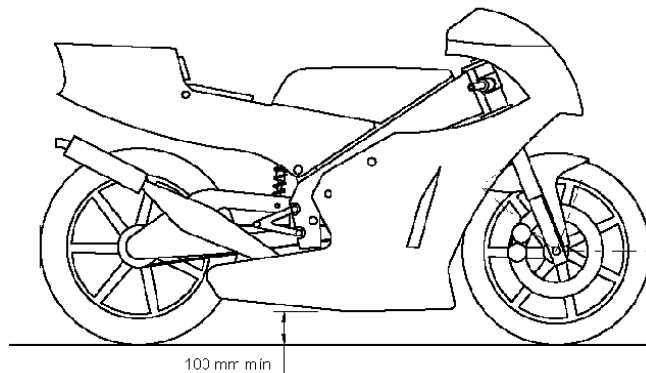


- El ángulo mínimo de inclinación lateral de la motocicleta sin que ningún elemento de la misma (exceptuando los neumáticos) toque el pavimento debe ser 50° . Dicha medición se realiza con la motocicleta descargada (es decir, sin piloto) pero con todo el equipamiento y líquidos para su funcionamiento. (Vista 2).



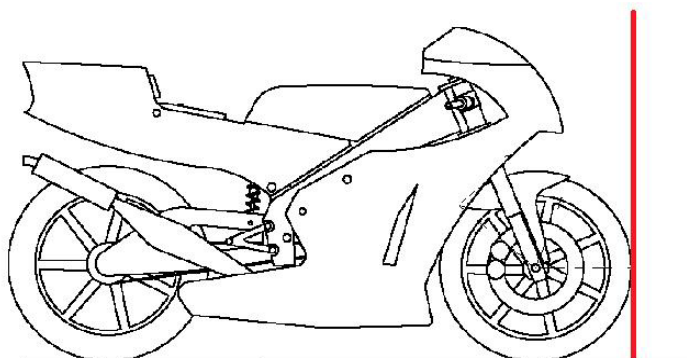
Vista 2

- La distancia libre al pavimento con la motocicleta en posición vertical ha de ser de un mínimo de 100 mm en cualquier situación de compresión de suspensiones y reglajes de geometrías. (Vista 3).



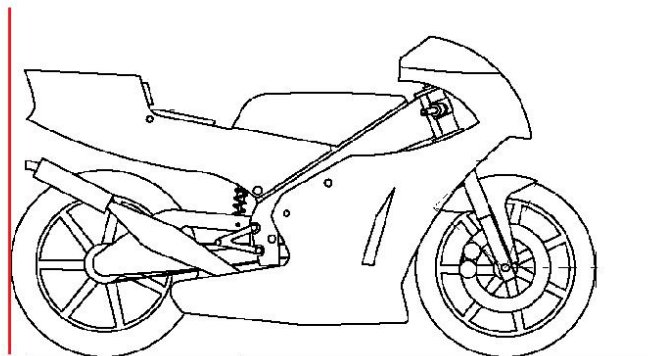
Vista 3

- Límite frontal: Ningún elemento de la motocicleta podrá sobrepasar la vertical trazada tangencialmente a la circunferencia exterior del neumático delantero. (Vista 4).



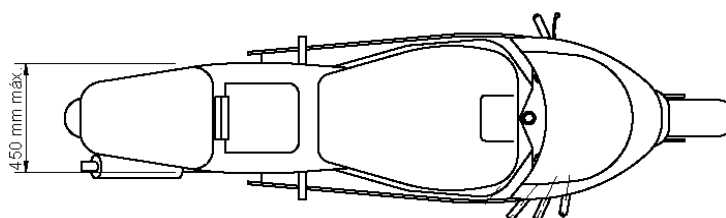
Vista 4

- Límite posterior: Ningún elemento de la motocicleta podrá rebasar la línea tangente vertical trazada a la circunferencia exterior del neumático trasero. (Vista 5).



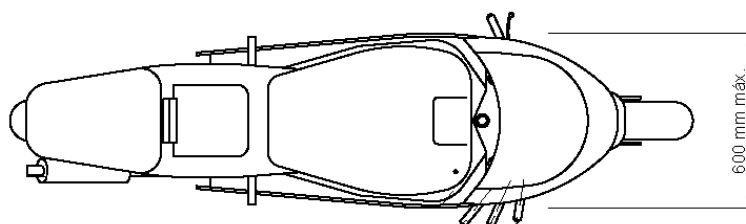
Vista 5

- Los neumáticos deberán tener una tolerancia mínima de 15 mm a cualquier elemento de la motocicleta en toda posición de la misma y reglaje de geometría.
- La anchura máxima del asiento debe ser de 450 mm. No podrá sobresalir de esa anchura ningún otro elemento de la motocicleta del asiento hacia atrás excepto el sistema de escape. (Vista 6).



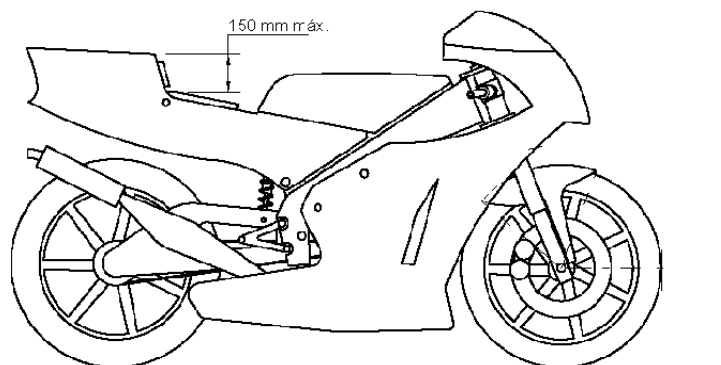
Vista 6

- La anchura máxima del carenado será de 600mm. (Vista 7).



Vista 7

- Entre la altura del asiento y la parte más elevada del colín la cota máxima será de 150mm. (Vista 8).



Vista 8

4.1.2. Pesos

El peso mínimo del conjunto de la motocicleta en orden de marcha incluido depósito, gasolina y líquidos en ningún momento de las pruebas deberá ser inferior a 95 kg. El peso se podrá verificar tanto al inicio, durante y al final de la competición. Está permitido lastrar el vehículo para alcanzar el peso mínimo. Este dato nos será muy importante a la hora de calcular los esfuerzos que debe soportar el chasis.

El uso de lastre tanto móvil como fijo está permitido para alcanzar el peso mínimo. Dicho lastre debe ser declarado a los comisarios técnicos durante las verificaciones previas.

4.1.3. Ergonomía

El diseño de la moto deberá estar dentro de unos límites de ergonomía que correspondan a un piloto de estatura y peso medios.

Está permitida la instalación de elementos de mando regulables para mejorar la ergonomía y comodidad del piloto.

Tomando el percentil de tallas P95 (Que comprende al 95% de la población), la posición de pilotaje de una motocicleta deportiva estándar, en posición normal de conducción (No en posición de máxima velocidad), está comprendida por los siguientes ángulos:

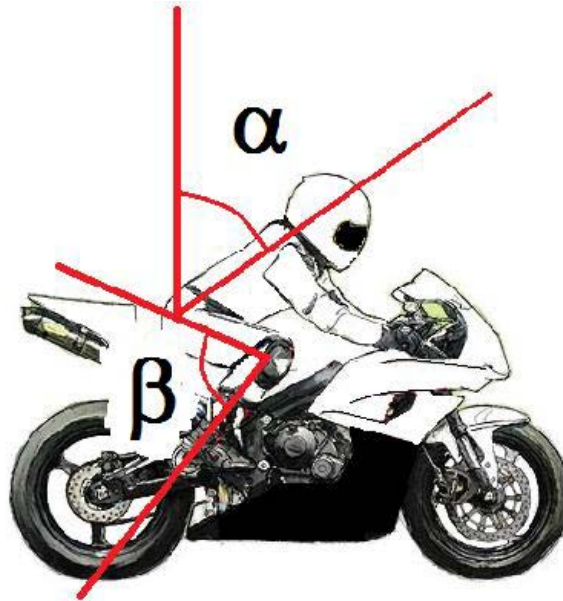


Fig. 4.1

Donde:

α : Ángulo de la espalda con la vertical. Para una motocicleta deportiva se recomiendan ángulos entre 19° y 40° .

β : Ángulo de flexión de rodillas. Para una motocicleta deportiva se recomiendan ángulos entre 65° y 77° .

4.1.4. Mandos: Manillar y Estriberas

4.1.4.1. Manillares y mandos manuales

No está permitido el uso de manillares o semimanillares contruidos en aleación ligera, como el magnesio y el titanio.

Los soportes del manillar o semimanillar deberán estar diseñados con el fin de minimizar el riesgo de fractura en caso de caída.

Se deberán utilizar radios mínimos de 2 mm en el anclaje para facilitar deformaciones sin fractura.

El acelerador ha de ser de retorno automático de manera que se asegure el cierre de gas en caso de que el piloto suelte el mismo.

La maneta de embrague puede ser suministrada por un fabricante comercial.

La situación del accionamiento de la leva del embrague es libre con la restricción de que su longitud no podrá ser superior a 200mm y su extremo deberá ser una esfera de un diámetro mínimo de 18mm. La esfera puede estar rectificadas con un plano de una anchura mínima de 14mm, los bordes del plano han de ser redondeados.

La maneta de freno proporcionada por la Organización no puede reemplazarse.

Está permitida la instalación de un regulador de presión para la leva del freno.

El pulsador del arranque eléctrico, si lo hubiere, deberá estar colocado en el manillar.

4.1.4.2. Estriberas y sus mandos

Las estriberas pueden montarse fijas o de tipo plegable, la cuales deben incorporar un dispositivo que las retorne a la posición normal y eviten un fácil plegado en carrera.

El extremo de cada estribera debe acabar en un radio esférico pleno y del mismo diámetro que la estribera.

Las estriberas plegables deben acabar en un tapón en aluminio, plástico, Teflón® o cualquier otro material equivalente en cuanto a dureza, fijado de forma permanente.

Las estriberas deberán disponer de protectores laterales para evitar que la bota del piloto pueda interferir con elementos móviles como cadena o neumático trasero.

El pedal de accionamiento del freno trasero proporcionado por la Organización no puede ser sustituido, pero sí modificado. El pedal de accionamiento del freno trasero es de elección libre.

4.1.5. Pinzas de freno

La pinza de freno trasera debe ser montada fija al basculante, y la calidad mínima del tornillo será 8.8 según la Norma EN ISO 898-1.

El montaje del soporte de la pinza trasera en el basculante puede realizarse mediante soldadura, atornillado o "helicoil".

4.1.6. Sistemas de suspensión y dirección

Los reglajes de suspensión y sistemas de los amortiguadores de dirección sólo pueden ser realizados de manera manual y mediante ajustes mecánicos/hidráulicos.

4.2. Estudio de la motocicleta

Se hace necesario conocer la evolución y cambios que ha sufrido la motocicleta a lo largo de la historia, así como tener clara la estructura de ésta, para estar en disposición de diseñar los elementos auxiliares que deben completar su fabricación.

4.2.1. Evolución histórica

Las soluciones constructivas que se han propuesto a lo largo de la historia de la motocicleta son muy diversas. Tras la invención de ésta en el siglo XIX (Daimler, 1885) han ido evolucionando a pasos agigantados, desde prácticamente una bicicleta a las modernas y revolucionarias motocicletas de hoy en día.

Ya en el año 1868, Sylvester Howard Roper adaptó un motor a vapor a una bicicleta, sin embargo no sería hasta 1885 cuando Daimler construyó una motocicleta de cuadro y ruedas de madera, propulsada por un motor de combustión interna, el cual fue inventado por el ingeniero Nikolaus August Otto. Es ésta la considerada primera motocicleta de la historia.

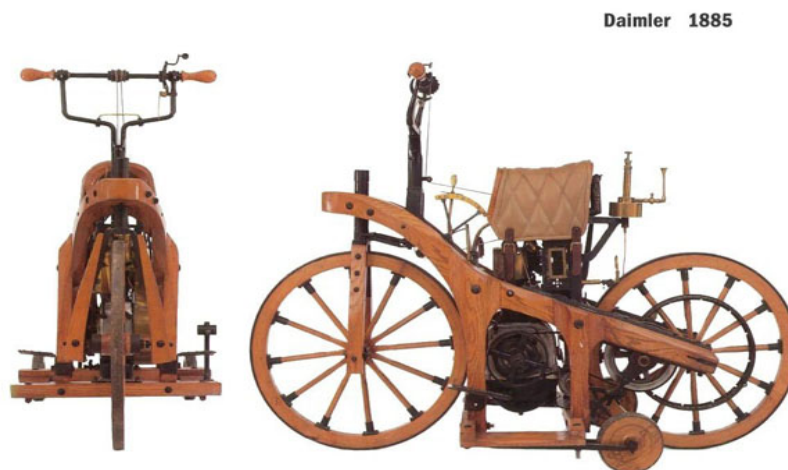


Figura 4.2. Primera moto fabricada: Daimler, 1885

En 1894 Hildebrand y Wolfmüller presentan en Múnich la primera motocicleta fabricada en serie y con claros fines comerciales. Las motocicletas de Hildebrand y Wolfmüller se mantuvieron en producción hasta 1897. A pesar de todos estos inventos, no se generó en la sociedad un asombro por las motocicletas.



Hildebrand & Wolfmüller 1894

Figura 4.3. Motocicleta fabricada por Hildebrand y Wolfmüller

Finalmente, en 1897 los hermanos Eugene y Michel Werner comenzaron a comercializar sus motocicletas, convirtiendo dicho vehículo en un artículo popular. Otra de las motocicletas que popularizó su uso fue la primera Harley-Davidson (1907).

Harley-Davidson 1907



Figura 4.4. Primera Harley-Davidson (1907)

La explosión de la Segunda Guerra Mundial impulsó enormemente la fabricación de motocicletas, produciéndose un gran avance durante este período.

Indian 640B 1942



Figura 4.5. Indian 640B (1942). II Guerra Mundial.

A partir de ese momento, las motocicletas fueron evolucionando a medida que lo hacían sus componentes: la implementación de nuevos y mejores motores, la variación de los chasis, la evolución de los sistemas de suspensión, dirección y frenado, etc.

En el mundo de la competición, esta evolución es aun más palpable. Las primeras y sencillas motocicletas han ido evolucionando hasta las actuales, en las cuales reina la electrónica como controlador de todo su funcionamiento.



Figura 4.6. Honda RCV 2014.

4.2.2. Estructura de una motocicleta

Se debe conocer a la perfección la estructuración de una motocicleta. Para ello se enumerarán sus principales componentes, explicándolos a continuación, y aquellos componentes que se vayan a ver involucrados en el presente proyecto.

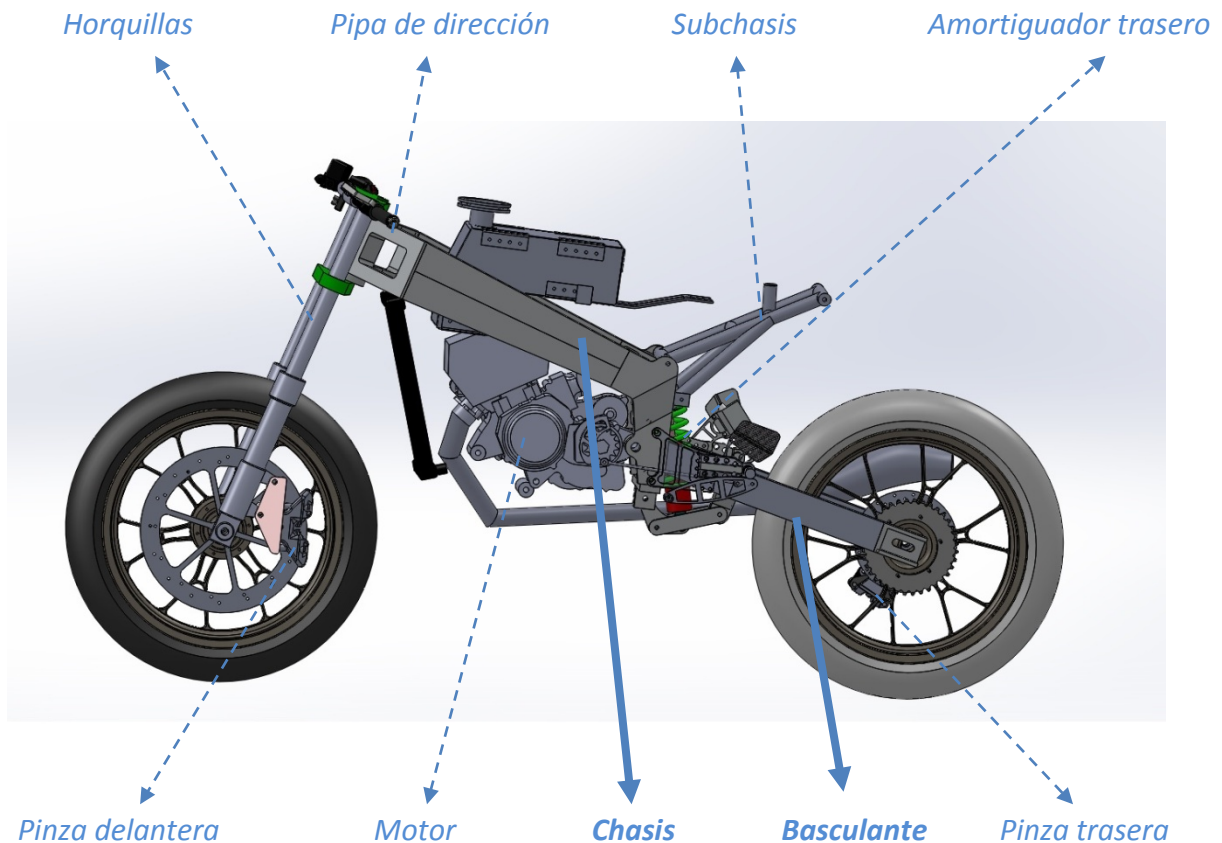


Figura 4.7. Esquema de componentes principales de una motocicleta.

Se ha incluido en el esquema algunos componentes los cuales serán mencionados a lo largo del presente proyecto -motor, suspensión delantera (horquillas), pipa de dirección, subchasis, pinzas de freno delantera y trasera, suspensión trasera (amortiguador)-, sin embargo los elementos estructurales más importantes de una motocicleta son dos: chasis y basculante. Es por ello que se explicarán con mayor detenimiento.

4.2.2.1. Historia y tipos de chasis

Existen numerosos chasis que significaron una auténtica revolución en su época, pero hay una fecha por encima de todas que supuso un punto de inflexión a principios de los 80. El ingeniero español Antonio Cobas presentó una revolución en el mundo del motociclismo: el chasis de doble viga en aluminio.

Así es como desde ese momento las motocicletas han quedado divididas principalmente en dos tipos de chasis: el chasis de doble viga en aluminio y el chasis tubular de acero.

No obstante, antes de enumerar y clasificar los diferentes tipos de chasis es conveniente señalar las partes y elementos que lo componen habitualmente y su posición en el conjunto, así como describir su función brevemente.

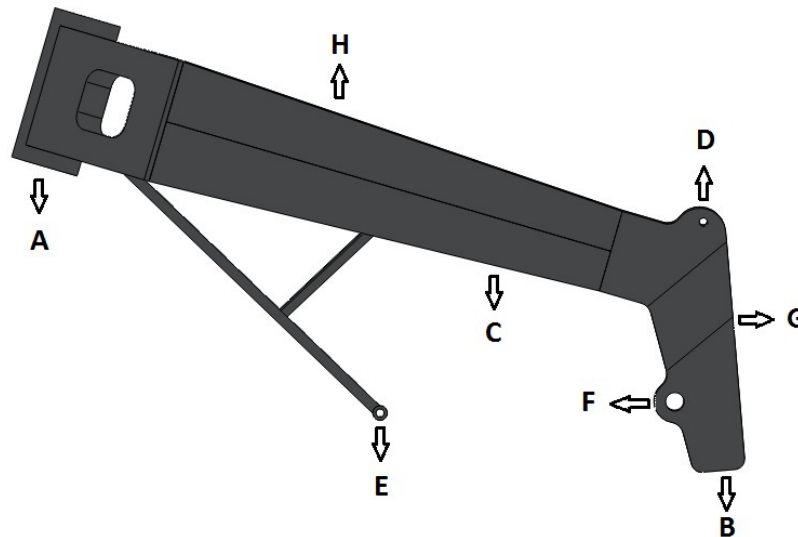


Figura 4.8. Partes principales de un chasis

El ejemplo usado es un chasis de doble viga, sin embargo los elementos que lo constituyen son prácticamente idénticos en los otros tipos de chasis. Por tanto este ejemplo es extensible al resto de modelos. Primeramente se puede observar en la figura la zona donde irá anclada la suspensión delantera. Al ser ésta en la mayoría de los casos horquillas telescópicas, se le denominará **pipa de dirección (A)**. Será una pieza de fundición de aluminio cuyo agujero para insertar los cojinetes. El hecho de que sea éste el lugar de ubicación de las horquillas hace que sea el punto más alto del chasis.

En el otro extremo del chasis se ubican las **pletinas (B)** de las que partirán las estriberas. La pipa de dirección y las pletinas están unidas por las **vigas (C)** o **tubos** si se tratase de otro tipo de chasis.

En la parte superior de las pletinas se encuentra el **anclaje para el subchasis (D)**, siendo su colocación variable en el espacio. El subchasis será el elemento que sujete al piloto. El punto (E) será la **sujeción delantera del motor** y el punto (F) la **sujeción trasera del motor y del eje del basculante**, siendo por tanto dos de los puntos más críticos del chasis, por lo que deberán ser lo más rígidos posibles para evitar verse afectados por vibraciones. El amortiguador trasero irá anclado al chasis y al basculante, normalmente por un sistema de bieletas unidas a unos **tubos (G)** que irán soldados entre las dos pletinas. Por último, en ocasiones, se colocarán unas **barras o tubos rigidizadores (H)** entre las dos vigas con el fin de aportar mayor rigidez torsional al conjunto.

Una vez conocidas todas las partes y elementos característicos de un chasis, se describirán brevemente los dos tipos principales existentes.

❖ Chasis tubulares

Las primeras motocicletas eran prácticamente bicicletas dotadas de un pequeño motor que se anclaba en diversas ubicaciones, por lo que éste fue el tipo de chasis que se adoptaba.

Durante muchos años, los anteriores y posteriores a la primera guerra mundial, los fabricantes se decantaron de forma abrumadora por este tipo de chasis.

Dichos chasis fueron mejorados con el chasis de simple cuna. En este chasis, los extremos inferiores del tubo frontal y del tubo del sillín estaban separados y conectados de forma rígida por una cuna que abrazaba el motor. Más tarde aparecerían los chasis de doble cuna.

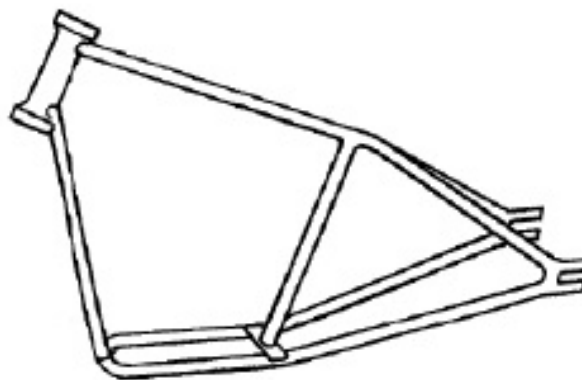


Figura 4.10. Chasis simple cuna

Más tarde, las Norton de carreras empezaron a utilizar el chasis "featherbed" diseñado por los hermanos McCandless, para muchos considerado hoy en día el mejor chasis de la historia. El diseño general consiguió un reparto de pesos bastante bueno y un centro de gravedad relativamente bajo teniendo en cuenta la posición vertical del cilindro.



Figura 4.12. Chasis Featherbed de Norton

En la actualidad, el uso de chasis tubulares prácticamente ha desaparecido en el mundo de la alta competición, aunque siguen existiendo excepciones, como la Ducati Desmosedici.



Figura 4.13. Chasis tubular Ducati Desmosedici.

Por lo general, el acero ha sido el material más utilizado en la fabricación de chasis tubulares aunque también es común el uso de titanio y aluminio.

❖ *Chasis doble viga*

A día de hoy se trata del tipo de chasis más utilizado en todo el mundo, debido a que proporciona, sin dudas, los mejores resultados. Diseñado originalmente por el ingeniero español Antonio Cobas, supuso una revolución que hoy en día es usada para las motocicletas deportivas más potentes y de competición. Se basa en la idea de este ingeniero de conectar la pipa de dirección con la suspensión trasera lo más directamente posible, además de situar el motor "colgante". Antonio Cobas lo denominó el chasis "Deltabox".



Figura 4.14. Chasis doble viga "Deltabox". Antonio Cobas

El diseño consiste en dos vigas, normalmente de aluminio, situadas a ambos lados del motor, uniendo la pipa de dirección con el eje del basculante. En prácticamente todos los casos, la pipa de dirección, los alojamientos del eje del basculante y los soportes traseros del motor son de fundición y están soldados a las vigas laterales. Muy a menudo, aunque no siempre, el subchasis va atornillado al chasis principal.



Figura 4.15. Unión chasis-subchasis

Lo curioso es que estructuralmente no es un chasis especialmente bueno, e incluso utilizando aluminio, el peso final no es excesivamente ligero, siendo superior al de otros tipos de chasis. Sin embargo, la eficiencia estructural no lo es todo, por lo que la enorme ventaja de espacio que proporcionan estos chasis hace que puedan alojar sin problemas los modernos motores de gran capacidad. Además, en el caso de la competición, supone una enorme ventaja el fácil acceso al motor, con el fin de poder trabajar con comodidad y rapidez.

4.2.2.2. Historia y tipos de basculante

Aunque algunos de los primeros diseños de suspensiones con basculante, como los de Moto-Guzzi y Vincent, estaban triangulados para tener una mayor rigidez estructural, parece que este aspecto fue largamente ignorado durante los años 50 y 60, cuando los basculantes comenzaron a ser universales. Por ejemplo, la Norton Featherbed, mencionada también anteriormente, utilizaba un tubo transversal para el giro junto con dos brazos laterales de un diámetro relativamente pequeño. La falta de rigidez torsional llegaba a tal extremo que se vendían amortiguadores como opción extra, para reducir la torsión adicional debida al desequilibrio de la suspensión.

No fue hasta finales de los años 60 cuando Yamaha volvió a adoptar el basculante triangulado, prestando atención a las consideraciones estructurales. Desde entonces hasta hoy en día, la rigidez de los basculantes se ha ido incrementando de forma gradual.

La flexibilidad del basculante permite que la rueda se mueva hacia los lados creándose ángulos de comba y de deriva y, por lo tanto, fuerzas de dirección. Sin embargo, tanto la variación del ángulo de comba como el ángulo de deriva actúan oponiéndose a la fuerza perturbadora, y por lo tanto, en algunos casos, producen una menor distorsión en la dirección.

Una vez explicados los fundamentos que rigen el funcionamiento de un basculante se deben conocer los principales tipos existentes, siendo en este caso dos: basculante monobrazo o de doble brazo.

Los basculante monobrazo se han usado desde hace mucho tiempo en pequeños ciclomotores y scooters, pero no empezaron a considerarse como una opción seria para motocicletas deportivas y de competición hasta que no aparecieron las *Elf* de resistencia. Desde entonces, ha existido diversidad de opiniones con respecto a esta solución. Honda lo ha empleado en una gran variedad de motos deportivas y de carreras, Ducati ha tenido mucho éxito en los circuitos, mientras BMW ha pasado a emplear el monobrazo de forma exclusiva en todos sus modelos con transmisión por cardan, primero con un brazo rígido muy simple y más tarde con un sistema articulado llamado "paralever". De hecho los basculante monobrazo tienen un uso mucho más amplio de lo que normalmente se piensa.



Figura 4.16. Basculante monobrazo

Sin embargo, la mayoría de los fabricantes todavía utiliza el diseño estándar: el basculante de doble brazo, de una forma u otra. Entre los motivos para ello se encuentra la tradición, las consideraciones de fiabilidad del producto o la estética.



Figura 4.17. Basculante doble brazo

Actualmente existe una gran discusión, aunque sin ningún consenso, sobre si merece la pena utilizar basculantes monobrazo en lugar de los más habituales de doble brazo. En realidad, ambos pueden trabajar con la misma eficiencia dependiendo de la calidad del diseño de detalle.

4.3. Componentes de partida

Evidentemente, para el diseño y fabricación de los elementos auxiliares de una motocicleta, se debe conocer previamente el diseño de los componentes de partida. Es decir, el diseño de los elementos auxiliares irá en función de las características del chasis, basculante y motor, así como de cualquier otro componente que influya en el diseño.

Es por ello que en esta sección se estudiarán las características finales del chasis, basculante y motor de la motocicleta a la que irán acoplados los elementos auxiliares, sirviendo estos de punto de partida para los diseños y análisis.

4.3.1. Chasis

Tras numerosos estudios acerca de qué chasis cumplía mejor las necesidades de la motocicleta se decidió que el modelo a diseñar fuese un chasis de doble viga de aluminio.

Durante el diseño se estudió el comportamiento del chasis ante diferentes esfuerzos que se pudiesen generar. Se evaluaron aspectos como la rigidez, el peso, el espacio o los materiales a emplear.

Toda esta evaluación y desarrollo dio lugar al diseño final del chasis, ofreciendo el siguiente aspecto.

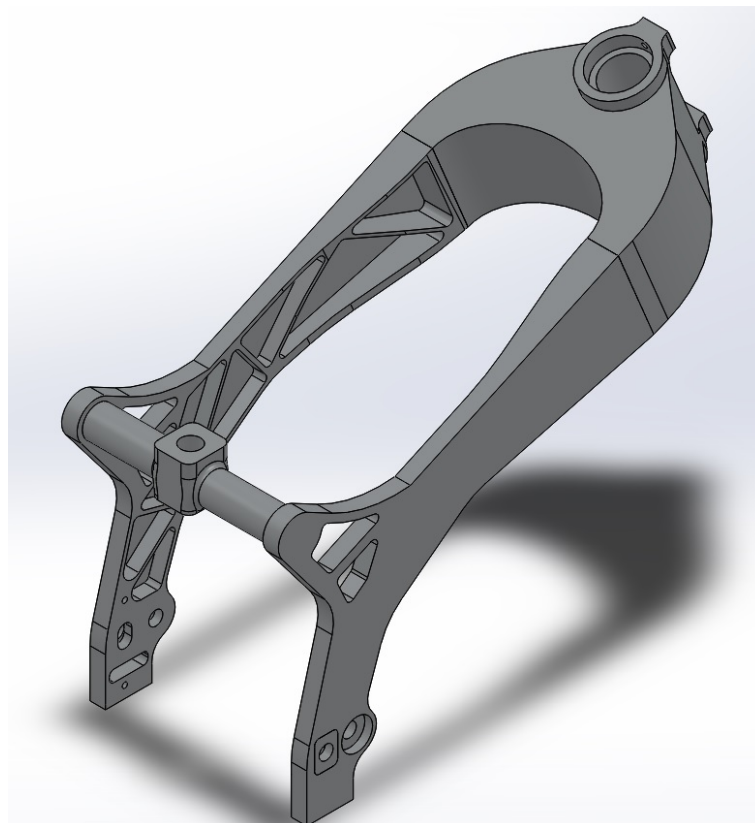


Figura 4.18. Chasis final MS3. Vista isométrica.

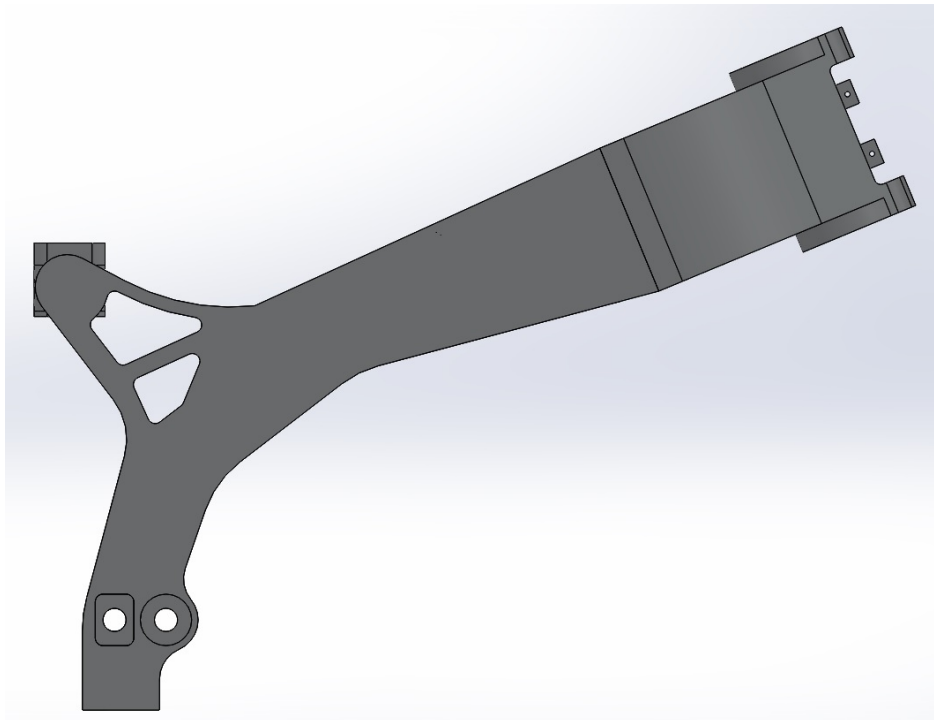


Figura 4.19. Chasis final MS3. Vista lateral.

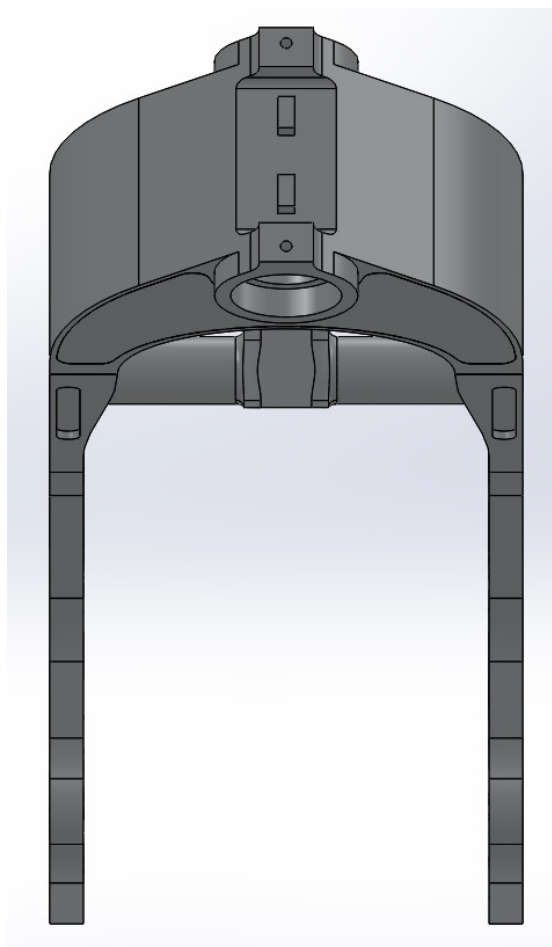


Figura 4.20. Chasis final MS3. Vista frontal.

Como puede observarse, el chasis por sí solo no podría servir de soporte para el motor, las suspensiones o el piloto, por lo que será necesaria la fabricación de elementos auxiliares tales como tijas, soportes y estriberas.

El chasis cuenta con una pipa de dirección en el extremo frontal, la cual deberá ir conectada a las horquillas, las cuales irán unidas a su vez al eje de la rueda delantera y proporcionarán suspensión y dirección. El sistema para unir la pipa de dirección con las horquillas será la fabricación de unas tijas -superior e inferior-.

En el extremo trasero existen dos pletinas. Sin embargo no existe ningún soporte para alojar el amortiguador trasero, por lo que será necesario su diseño y fabricación, tanto por la parte superior del muelle como por la inferior.

En cuanto al piloto, el chasis no cuenta con ningún soporte para su sujeción, por lo que se deberán diseñar unas estriberas y unos semimanillares apropiados a la geometría del chasis y a las características del piloto.

El diseño de chasis servirá como punto de partida para el diseño de dichos elementos auxiliares. Su completo conocimiento será de vital importancia para una correcta elección de la geometría y el dimensionado.

4.3.2. Basculante

En el caso del basculante, los estudios realizados determinaron que el diseño que mejor se adaptaba a los requerimientos de la motocicleta era un basculante doble brazo.

Como con el chasis, el diseño fue sometido a diferentes análisis para estudiar su respuesta ante determinados esfuerzos. Igualmente se evaluó su resistencia, reducción de peso, flexibilidad y estética para conformar su geometría.

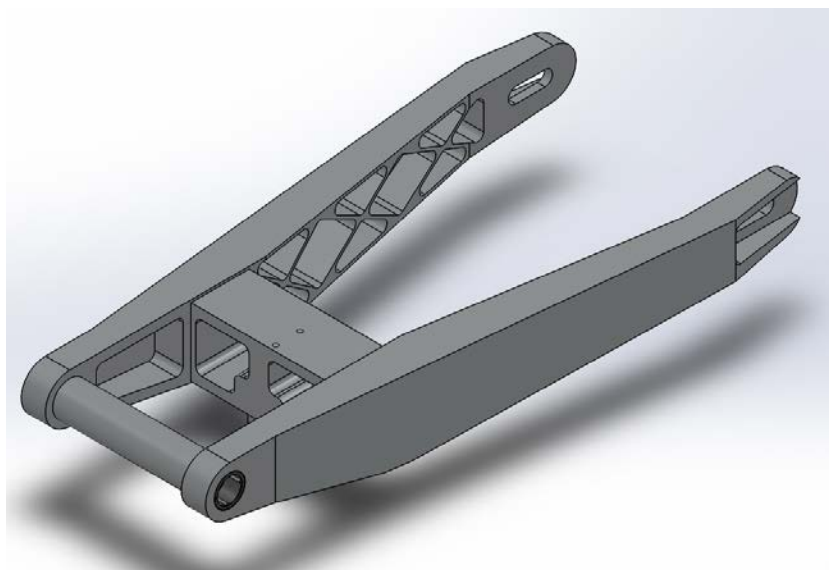


Figura 4.21. Basculante final MS3. Vista isométrica.

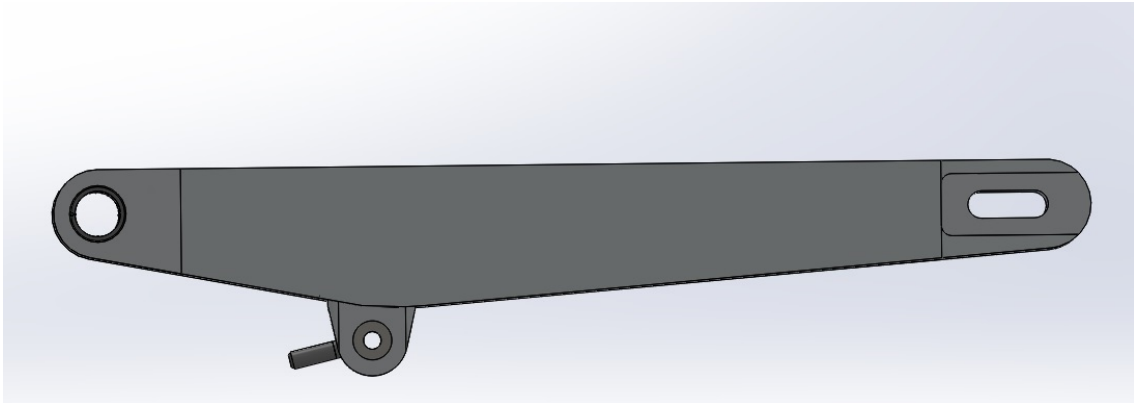


Figura 4.22. Basculante final MS3. Vista lateral.

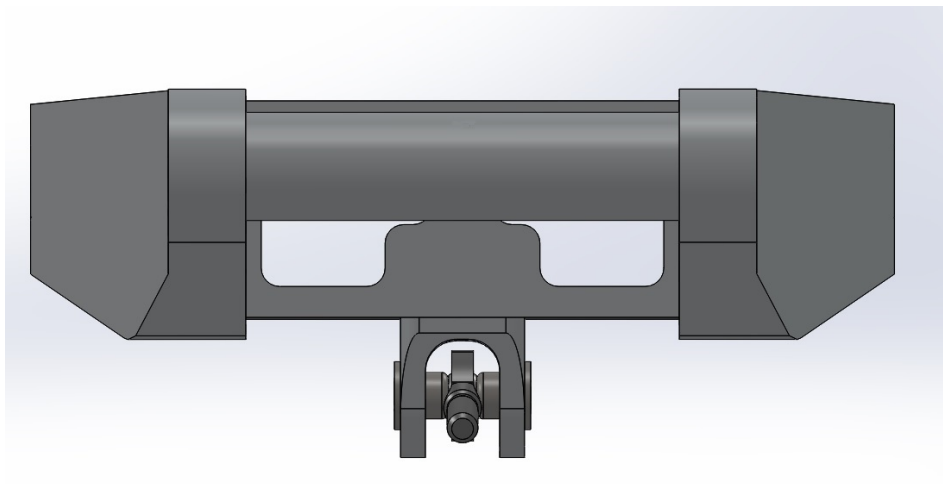


Figura 4.23. Basculante final MS3. Vista frontal

Analizando el diseño del basculante se observa que se ha tenido en cuenta el espacio donde irá ubicado el amortiguador trasero. Sin embargo, el soporte que se unirá al sistema de bieletas deberá ser diseñado.

Por otro lado, se deberán diseñar los tensores de la cadena, para los cuales se han mecanizado unos alojamientos en los extremos traseros del basculante.

Nuevamente se hace de vital importancia el conocimiento del diseño del basculante, ya que éste servirá de punto de partida para el diseño de los elementos auxiliares mencionados.

4.3.3. Motor

El motor suministrado por la Organización es el Sherco SE 250i. Se trata de un motor de 250 c.c., 4 tiempos y monocilíndrico.



Figura 4.24. Motor Sherco 250i. Parte lateral.



Figura 4.25. Motor Sherco 250i. Parte frontal.

Para facilitar el diseño de los elementos auxiliares mediante herramientas de diseño 3D (CAD), se procedió al modelado 3D del motor una vez recibido.

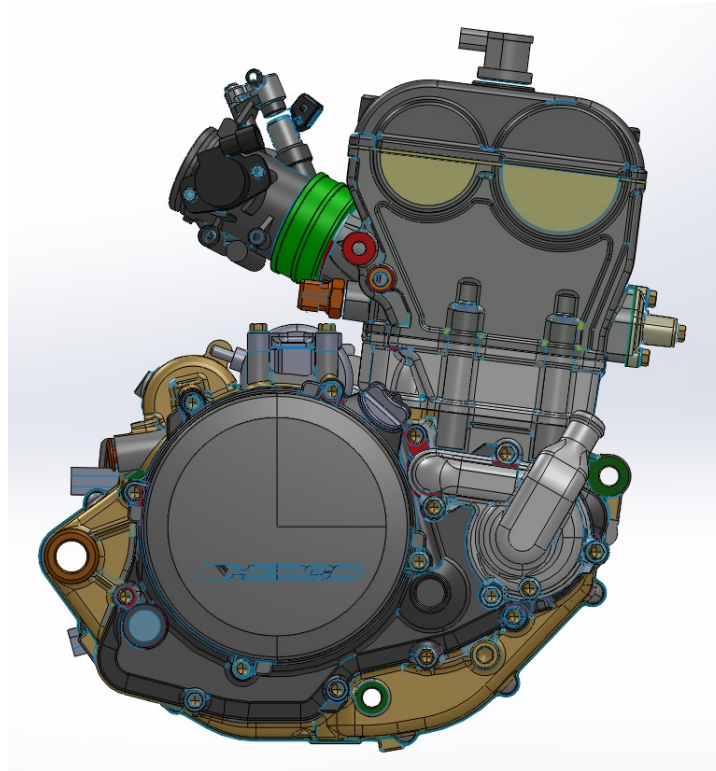


Figura 4.26. Modelado del motor Sherco 250i.

La importancia del modelado del motor recae en los anclajes. Estos puntos de anclaje marcarán el diseño de los soportes del motor.

El motor Sherco 250i cuenta con tres puntos de anclaje, situados en la parte trasera, delantera e inferior. Debido a las características de nuestra motocicleta -diseño del chasis y del basculante- se pretende diseñar unos soportes laterales y un soporte superior, además de, evidentemente, unir el anclaje trasero al chasis a través de un eje.

Por tanto, será tarea del presente proyecto el diseño de unos soportes laterales y un soporte superior para anclar el motor. Dicho diseño deberá evitar en la mayor medida posible las vibraciones y deformaciones.

4.4. Estudio de elementos auxiliares requeridos

Tras conocer la estructura de una motocicleta, cuáles son las características que debe cumplir para un buen funcionamiento y, sobre todo, tras estudiar el diseño de nuestra motocicleta, se está en condiciones de decidir sobre qué elementos auxiliares se deben fabricar.

Observando tanto el chasis como el basculante y el motor, así como valorando otros aspectos de la motocicleta se llega a la conclusión de que los elementos auxiliares necesarios para complementar el diseño de la motocicleta son:

- ***Estriberas*** (derecha e izquierda). Se incluirá el soporte de unión al chasis, la palanca y el reposapié.
- ***Tijas*** (superior e inferior). Se incluirá el eje de unión entre ambas.
- ***Semimanillares*** (derecho e izquierdo). Se complementará con las manetas, puños y demás componentes necesarios.
- ***Soportes pinzas de freno*** (delantera y trasera).
- ***Soporte amortiguador y bieletas.***
- ***Soportes motor*** (laterales y superior).
- ***Tensores de cadena.***
- ***Ejes*** (ruedas delantera y trasera).

Una vez definidos los elementos auxiliares necesarios, se podrá proceder a su diseño, análisis, optimización y fabricación.

Por motivos de la estructuración del equipo, y con el fin de ser lo más competitivos posible, se dividirá el estudio, diseño y fabricación de todos los elementos auxiliares en dos grandes grupos, siendo objeto de este proyecto:

- ***Estriberas.***
- ***Tijas.***
- ***Semimanillares.***
- ***Soportes pinzas de freno.***



Todos estos elementos deberán cumplir una serie de requisitos. Primeramente se deberán ajustar al reglamento de la competición MotoStudent, cumpliendo las normas referidas a ellos, así como ayudar a cumplir otros requisitos como pesos o dimensiones.

Por otro lado, deberán tener un comportamiento estructural satisfactorio, tratando de conseguir una buena relación rigidez/peso.

En cuanto al funcionamiento y requerimientos concretos de cada elemento auxiliar, se explicará y tratará con detalle en su determinado capítulo.

5. ESTUDIO, ELECCIÓN Y ANÁLISIS DEL MATERIAL

En este capítulo se valorará qué material se deberá emplear para la fabricación de los elementos auxiliares. Se compararán unos materiales con otros, estudiando sus prestaciones y seleccionando el que mejor se adapte a las necesidades. Una vez seleccionado se enumerarán sus propiedades.

A la hora de decidir con qué material se fabricarán los elementos auxiliares hay que tener en cuenta una serie de características tales como: rigidez, densidad, ductilidad, resistencia, vida a fatiga y costes del material y del proceso, así como de los métodos de unión disponibles o requeridos. Los valores de estas características dependerán del tipo de uso y el grado de exigencia que se quiera obtener de los distintos componentes.

Las tensiones, en especial la tensión de rotura y el límite elástico, se usarán para medir la resistencia exigible a los componentes. La tensión se expresa como la fuerza aplicada por unidad de sección transversal del material, y la relación entre la carga aplicada y la deformación que produce se denomina módulo de Young.

Si se aplica a un trozo de material una tensión que esté por debajo del límite elástico, tendrá lugar una cierta deformación de carácter elástico, ya que al eliminar la tensión aplicada, el material volverá a tener la forma y tamaño anteriores. Por el contrario, si se continúa aplicando más carga por encima del límite elástico, habrá un punto en el que se llegaría al límite de rotura y el material rompería. El valor de la tensión que se debe aplicar para llegar desde el límite elástico hasta el límite de rotura da una idea de la ductilidad del material.

La ductilidad determina el tipo de rotura que sufre el material, de tal forma que si éste sufre una gran deformación antes de romperse, se dirá que el material es dúctil. Sin embargo, si se trata de un material que rompe repentinamente, con escasa deformación, se dirá que éste es frágil. En el caso que nos ocupa, los elementos auxiliares de una motocicleta, es recomendable que sean fabricados con materiales dúctiles, de tal manera que sean capaces de soportar un cierto nivel de sobrecarga sin llegar a la rotura.

Cada elemento auxiliar desempeñará una función diferente, deberá cumplir con unas exigencias distintas y se verá sometido a diferentes tensiones. Sin embargo, con vistas a cumplir las condiciones del apartado económico del proyecto, se seleccionará un mismo material para todos los elementos auxiliares. De este modo, se partirá del material seleccionado para adaptar el diseño de cada componente según los esfuerzos a los que se vea sometido.

Esto quiere decir que la búsqueda de la eficiencia de cada componente se buscará a través de su diseño individual y no a través de la selección del material. Aún así, se tratará de seleccionar un material lo más idóneo posible para la totalidad de los elementos auxiliares a diseñar.

5.1. Estudio y selección del material

Existe una amplia gama de materiales idóneos para la fabricación de los elementos auxiliares que componen una motocicleta, tales como el titanio, el magnesio, el acero al cromo-molibdeno, la fibra de carbono, y sobre todo el acero y el aluminio. Es por ello que se estudiarán cada uno de los materiales, comparándolos y seleccionando el que mejor se adapte a las necesidades.

5.1.1. Magnesio

El magnesio elemental es un metal liviano, medianamente fuerte, de color blanco plateado. En contacto con el aire se vuelve menos lustroso, aunque a diferencia de otros metales alcalinos no necesita ser almacenado en ambientes libres de oxígeno, ya que está protegido por una fina capa de óxido, la cual es bastante impermeable y difícil de sacar.

Además de su elevado coste y de las dificultades que presenta para soldar, tiene la dificultad añadida de una vida limitada, debido tanto a la falla por fatiga como a la corrosión.

5.1.2. Acero al cromo-molibdeno

Menos común que el resto de materiales en el uso en motocicletas. Se trata de uno de los aceros inoxidables. Tanto el cromo como el molibdeno se emplean para evitar corrosión y oxidación. Además, el molibdeno también le da mayor resistencia a impactos.

5.1.3. Titanio

El titanio es un elemento metálico de color gris oscuro, de gran dureza, resistente a la corrosión y de propiedades físicas parecidas a las del acero. Presenta una estructura hexagonal compacta, es duro, refractario y buen conductor de la electricidad y el calor. También se caracteriza por su alta resistencia a la corrosión y, cuando está puro, se tiene un metal ligero, fuerte, brillante y blanco metálico de una relativa baja densidad. Posee muy buenas propiedades mecánicas y además tiene la ventaja ya mencionada, frente a otros metales de propiedades mecánicas similares, de que es relativamente ligero.

La aleación más empleada es la Ti-6Al-4V (con un 6% de Aluminio y un 4% de Vanadio), que tiene unas extraordinarias propiedades mecánicas: Resistencia a la tracción de 896 MPa, límite elástico de 827 MPa, ductilidad del 10%, dureza de 33 HRB y una soldabilidad muy buena. Las aleaciones de Titanio permiten una la fabricación de piezas con una relación resistencia/masa envidiable y es posible esto le haga ser el material del futuro para la construcción de elementos mecánicos, con resultados excepcionales, en el campo de las motocicletas de competición.

El principal problema de su utilización radica en el alto coste comparado con otros materiales de características similares, así como la disponibilidad de medios para tratarlo.

5.1.4. Fibra de carbono

Se denomina fibra de carbono al material compuesto de plástico reforzado con grafito o con fibras de carbono. Es un material muy caro, fuerte y ligero. El plástico (resina) es habitualmente epoxy, aunque otros plásticos como el poliéster también se usan como base para la fibra de carbono. Su densidad es de 1.750 kg/m³. Es conductor eléctrico y de baja conductividad térmica. Posee una gran resistencia mecánica, con un módulo de elasticidad elevado, así como una baja densidad en comparación con otros materiales como el acero.

Sin embargo, comparte el mismo problema que el titanio, su altísimo precio. Las razones del elevado precio de los materiales realizados en fibra de carbono se deben a dos factores principales. Por un lado el refuerzo, o fibra, es un polímero sintético que requiere un caro y largo proceso de producción, llegando a durar semanas o incluso meses. Además, por otro lado, el uso de materiales termoestables dificulta el proceso de creación de la pieza final, ya que se requiere de un complejo utillaje especializado.

5.1.5. Acero

Se entiende por acero la aleación de hierro y carbono en la que el porcentaje de carbono varía entre el 0.03% y el 2% en peso. Porcentajes mayores que el 2% de carbono dan lugar a las fundiciones, mientras que aquellos con porcentajes menores al 0.03% se denominan hierro dulce o simplemente hierro.

La diferencia fundamental entre acero y fundiciones es que los aceros son, por su ductilidad, fácilmente deformables en caliente, bien por forja, laminación o extrusión, mientras que las fundiciones se fabrican generalmente por moldeo. Igualmente el acero se distingue del hierro en que puede templarse adquiriendo extraordinaria dureza, mientras que el hierro dulce (blando y dúctil aunque resistente) no puede endurecerse mediante dicho procedimiento. Al estado endurecido del acero se le suele llamar "acritud".

5.1.6. Aluminio

El aluminio es un metal ligero, blando pero resistente de aspecto gris plateado. Su densidad es aproximadamente un tercio de la del acero, es muy maleable, dúctil y apto para el mecanizado y la fundición. Debido a su elevado calor de oxidación se forma rápidamente al aire una fina capa superficial de óxido impermeable y adherente que detiene el proceso de oxidación proporcionándole resistencia a la corrosión y durabilidad.

La elevada cantidad de energía necesaria para su obtención dificulta su mayor utilización, debido a que aumenta su precio. Además es más difícil de trabajar que otros materiales como el acero. Sin embargo, esto puede compensarse con su bajo coste de reciclado, su dilatada vida útil y la estabilidad de su precio.

5.1.7. Selección del material definitivo

Tras definir cada uno de los materiales y enumerar sus propiedades, así como verificar los resultados experimentales obtenidos a través de la experiencia en competiciones anteriores y comprobar los materiales permitidos por la Organización de la competición, se puede concluir que los materiales que mejor se adaptan a las necesidades requeridas son el acero y el aluminio.

Las ventajas del acero sobre el aluminio residen en que es más barato y más fácil de trabajar. Además, tiene una mayor tenacidad, es decir, puede absorber vibraciones, torsiones o impactos sin rajarse o romperse. Sin embargo, los elementos auxiliares no constituyen un gran costo de material, debido a su pequeño volumen en comparación con otros componentes de la motocicleta como el chasis o el basculante, por lo que la diferencia de precio entre acero y aluminio se despreciará, tratando de no escatimar gastos en este punto. Por otro lado, en el diseño se minimizarán las vibraciones, por lo que estas desventajas no serán tenidas especialmente en cuenta.

Como ventaja del aluminio sobre el acero se tiene que éste es mucho más ligero que el acero, alrededor de tres veces, lo cual constituye una gran ventaja consiguiendo componentes muy resistentes y ligeros, lo cual es el principal objetivo en el diseño. Además, el aluminio no se oxida ni se erosiona con facilidad, al contrario que la mayoría de aceros.

Es por todo ello que el material elegido para la fabricación de los elementos auxiliares de la motocicleta será el aluminio, considerando éste como el más idóneo para cubrir las necesidades requeridas en la competición.

5.2. Análisis de las propiedades y elección de las aleaciones de aluminio

Una vez seleccionado el aluminio como el material con el que se van a fabricar los componentes auxiliares, se deberá decidir sobre qué tipo de aluminio emplear. Para ello se estudiarán diferentes catálogos y se consultará la opinión y experiencia de los fabricantes.

Con el fin de facilitar la observación de las diferencias entre las aleaciones de aluminio, se ilustrarán en gráficas cada una de las propiedades más relevantes, viendo como varía dicha propiedad en función de la aleación. Posteriormente se adjuntará una tabla con los valores numéricos que tienen dichas propiedades en cada aleación. Estas propiedades serán la *carga a la rotura*, el *límite elástico*, el *alargamiento* y la *dureza*.

5.2.1. Carga a rotura o resistencia a la tracción

Mide la resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente hasta la rotura de la probeta.

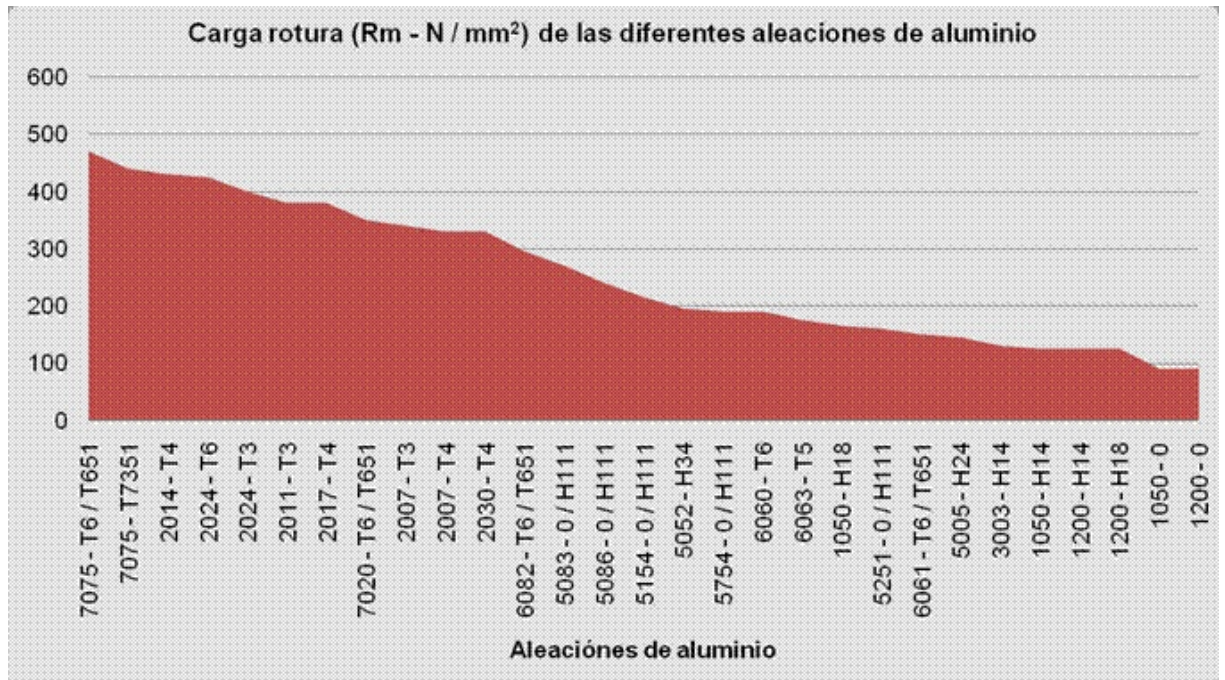


Figura 5.1. Gráfica de carga a rotura de las diferentes aleaciones de aluminio

ALEACION NORMAS A.A.	CARGA ROTURA $R_m - N / mm^2$
7075 - T7351	440
7075 - T6 / T651	470
2024 - T6	425
7020 - T6 / T651	350
2024 - T3	400
2007 - T3	340
2014 - T4	430
2007 - T4	330
2017 - T4	380
2011 - T3	380
6061 - T6 / T651	150
6062 - T6 / T651	295
2030 - T4	330
6060 - T6	190
5052 - H34	195
5083 - 0 / H111	270
5086 - 0 / H111	240
6063 - T5	175
5154 - 0 / H111	215
5754 - 0 / H111	190
5251 - 0 / H111	160
1200 - H18	125
3003 - H14	130
5005 - H24	145
1050 - H18	165
1200 - H14	125
1050 - H14	125
1200 - 0	90
1050 - 0	90

Figura 5.2. Valor numérico de carga a rotura

5.2.2. Límite elástico

Tensión a partir de la cual el material tiene una deformación plástica del 0,2 %. Una vez superado este límite elástico el material no volverá a recuperar su forma y dimensión anterior.

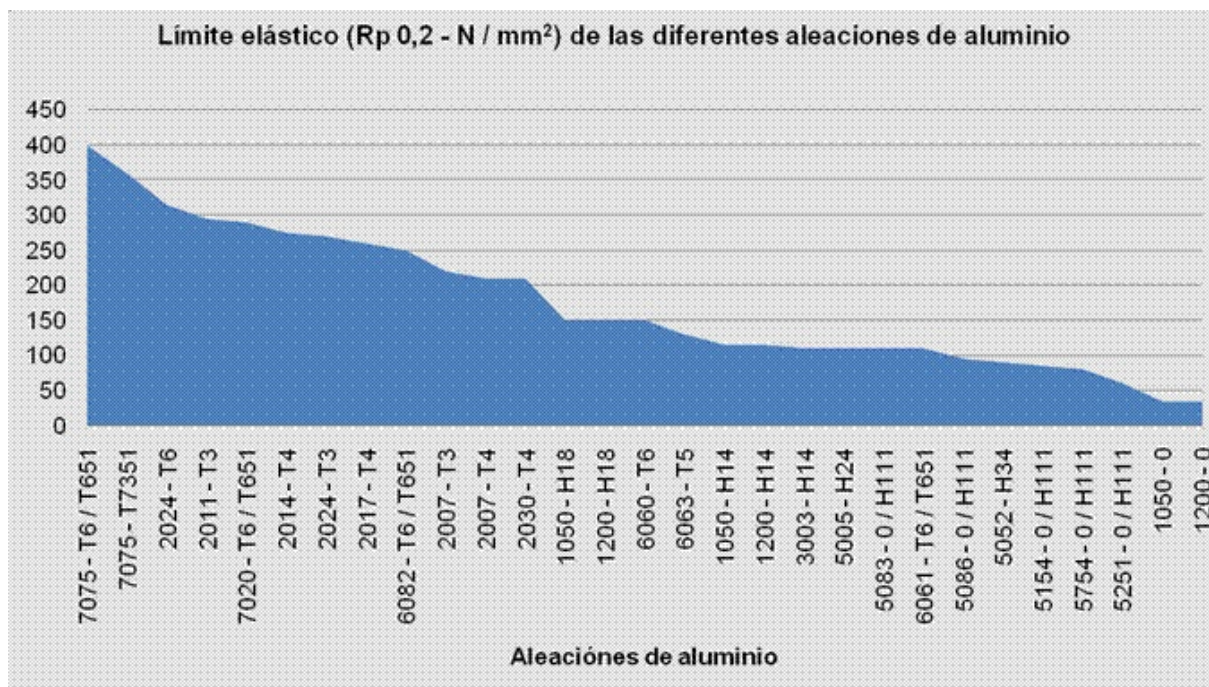


Figura 5.3. Gráfica de límite elástico de las diferentes aleaciones de aluminio

ALEACION NORMAS A.A.	LÍMITE ELÁSTICO $R_p 0,2 - N / mm^2$
7075 - T7351	380
7075 - T6 / T651	400
2024 - T6	315
7020 - T6 / T651	290
2024 - T3	270
2007 - T3	220
2014 - T4	275
2007 - T4	210
2017 - T4	280
2011 - T3	295
6061 - T6 / T651	110
6062 - T6 / T651	250
2030 - T4	210
6060 - T6	150
5052 - H34	90
5083 - 0 / H111	110
5086 - 0 / H111	95
6063 - T5	130
5154 - 0 / H111	85
5754 - 0 / H111	80
5251 - 0 / H111	60
1200 - H18	150
3003 - H14	110
5005 - H24	110
1050 - H18	150
1200 - H14	115
1050 - H14	115
1200 - 0	34
1050 - 0	34

Figura 5.4. Valor numérico del límite elástico

5.2.3. Alargamiento

Aumento de longitud (%) que tiene un material cuando se le somete a un esfuerzo de tracción antes de producirse su rotura.

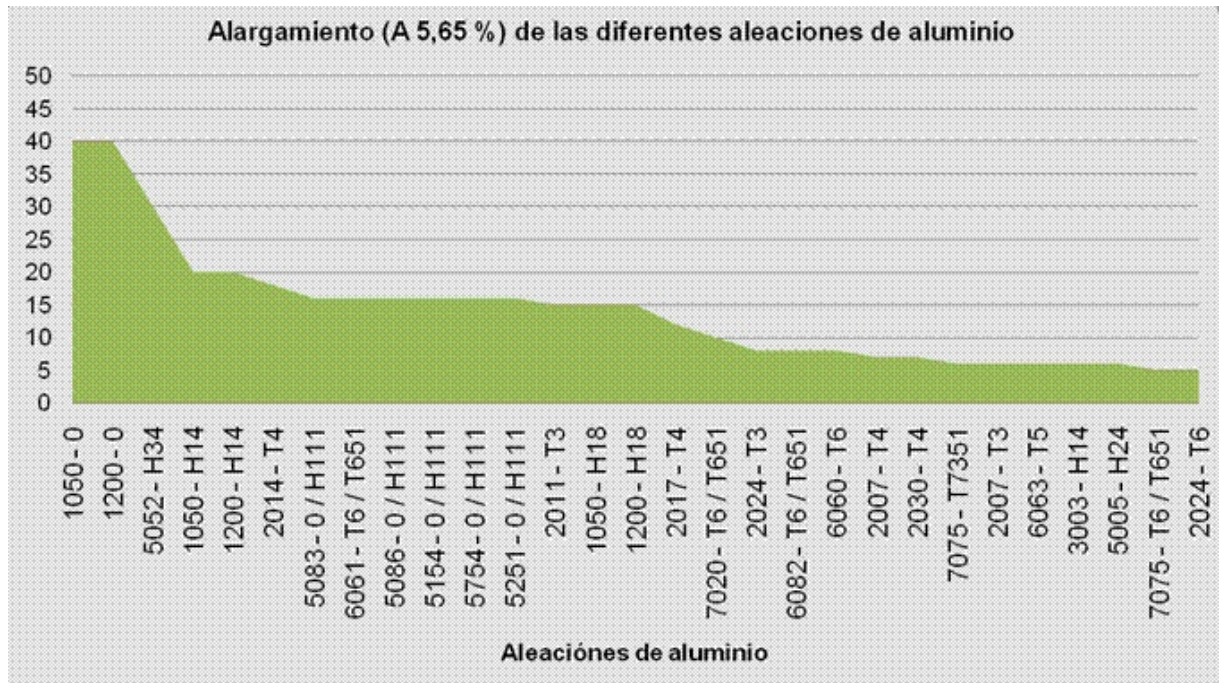


Figura 5.5. Gráfica de alargamiento de las diferentes aleaciones de aluminio

ALEACION NORMAS A.A.	ALARGAMIENTO A 5,65 %
7075 - T7351	6
7075 - T6 / T651	5
2024 - T6	5
7020 - T6 / T651	10
2024 - T3	8
2007 - T3	6
2014 - T4	18
2007 - T4	7
2017 - T4	12
2011 - T3	15
6061 - T6 / T651	16
6062 - T6 / T651	8
2030 - T4	7
6060 - T6	8
5052 - H34	30
5083 - 0 / H111	16
5086 - 0 / H111	16
6063 - T5	6
5154 - 0 / H111	16
5754 - 0 / H111	16
5251 - 0 / H111	16
1200 - H18	15
3003 - H14	6
5005 - H24	6
1050 - H18	15
1200 - H14	20
1050 - H14	20
1200 - 0	40
1050 - 0	40

Figura 5.6. Valor numérico del alargamiento

5.2.4. Dureza

Al tratarse de la dureza Brinell, medirá la penetración de una bola de acero en el material a estudiar.

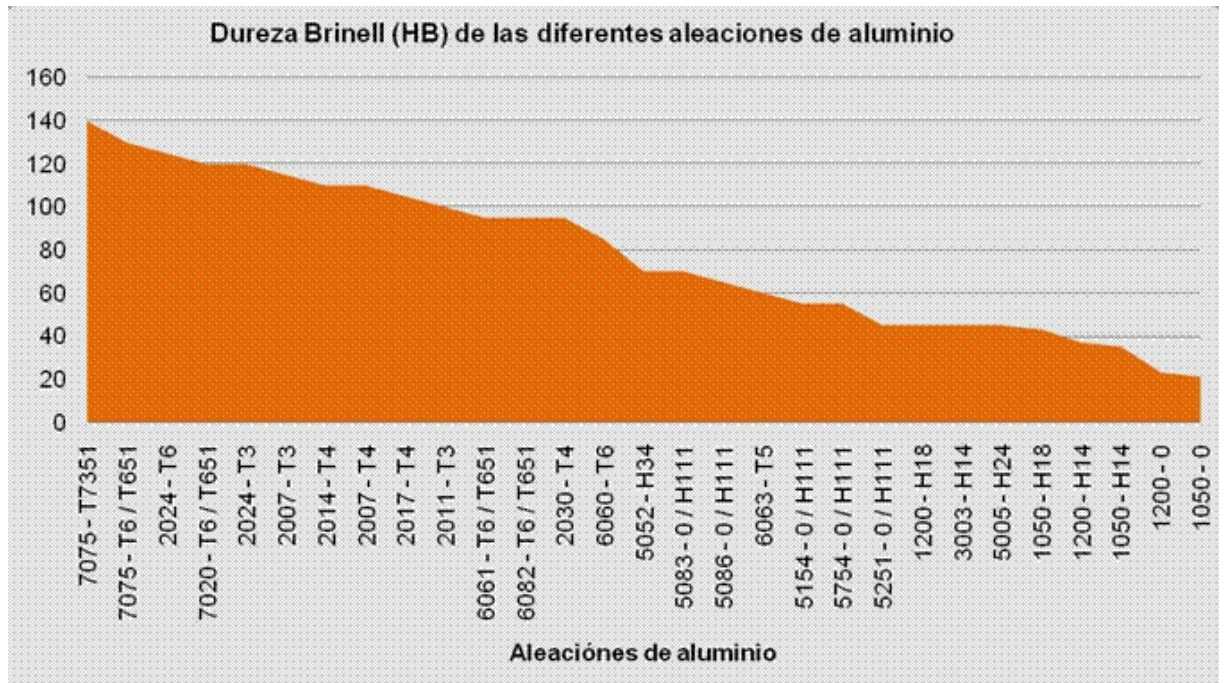


Figura 5.7. Gráfica de dureza Brinell de las diferentes aleaciones de aluminio

ALEACION NORMAS A.A.	DUREZA BRINELL HB
7075 - T7351	140
7075 - T6 / T651	130
2024 - T6	125
7020 - T6 / T651	120
2024 - T3	120
2007 - T3	115
2014 - T4	110
2007 - T4	110
2017 - T4	105
2011 - T3	100
6061 - T6 / T651	95
6062 - T6 / T651	95
2030 - T4	95
6060 - T6	85
5052 - H34	70
5083 - 0 / H111	70
5088 - 0 / H111	65
6063 - T5	60
5154 - 0 / H111	55
5754 - 0 / H111	55
5251 - 0 / H111	45
1200 - H18	45
3003 - H14	45
5005 - H24	45
1050 - H18	43
1200 - H14	37
1050 - H14	35
1200 - 0	23
1050 - 0	21

Figura 5.8. Valor numérico de la dureza Brinell

5.2.5. Selección de la aleación

Tras observar y comparar las propiedades más relevantes de las diferentes aleaciones, y consultar la opinión de expertos en la materia, se ha realizado una valoración acerca del mejor resultado calidad/precio.

Dado que el tamaño de los elementos auxiliares no es comparable al del chasis o basculante, un precio elevado podría ser asumible sin salirse del presupuesto fijado. Es por ello que se ha obviado la componente económica y se ha dado prioridad a las propiedades mecánicas. Esta decisión supone la elección de la aleación **7075-T6** como la mejor opción posible para la fabricación de los elementos auxiliares.

Con esta aleación, de excelentes propiedades, los componentes que van a estar sometidos a mayores esfuerzos podrán afrontarlos sin problemas, consiguiendo un óptimo funcionamiento que se traducirá en un mejor comportamiento del conjunto de la motocicleta.

5.3. Descripción de la aleación seleccionada

Las principales normas que se refieren a los aluminios son las normas U.N.E. (Europa), AFNOR (Francia), AA (Estados Unidos), D.I.N. (Alemania) y U.N.I. (Italia).

En todas ellas se puede observar que el primer dígito de la aleación **7075-T6**, el 7, indica que se trata de una aleación de Aluminio-Zinc. El segundo dígito informa acerca de las impurezas. En este caso, el 0 indica que es una aleación original, sin impurezas. Los otros dos dígitos restantes no tienen un significado especial, simplemente se usan para identificar aleaciones dentro de un mismo grupo.

Por otro lado la "T6" indica que han soportado un tratamiento térmico, en caliente, de endurecimiento estructural para producir estados distintos F, O y H. Esta "T" se aplica a semi-productos en los que se aumenta su resistencia mecánica mediante tratamiento térmico con o sin acritud suplementaria, para obtener estados estables. La letra "T" va siempre seguida de uno o más dígitos.

Para un mejor conocimiento de la aleación 7075-T6 se adjuntan sus propiedades mecánicas y físicas, suministradas por el proveedor "Hurtado Suministros".

ALUMINIO ALEACIÓN ZINC 7075

Productos

Chapas - Placas - Barras

Aplicaciones y usos típicos

Se trata de la aleación de características más elevadas dentro de los aluminios. El desarrollo esta aleación ha hecho posible su utilización en campos hasta ahora reservados a los aceros

El aluminio aleación zinc 7075, se aplica en armamento, industria del automóvil, tornillería, bastones de esquí, cañas de pesca, flechas, moldes de soplado, piezas estampadas para alpinismo, etc.

Tratamientos Térmicos

Puesto en solución: $465^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Temple en agua fría (40°C máx)

Maduración artificial: Estado T6, de 12 a 16 horas a $135^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.

Recocido: 30 min. a 2 horas a 375°C - 410°C seguido de enfriamiento lento.

Forja 400° a 450°C . Recomendado 430°C .

Aptitudes tecnológicas

MB: muy buena

B: buena

R: regular

M: mala, evitar

Soldadura

- A la llama(B)

- Al Arco bajo gas argón.....(M)

- Por resistencia eléctrica.....(B)

- Braseado(R)

Mecanización:

- Fragmentación de la viruta..En estado 0: (B) En estado T5: (B)

- Brillo de superficie.....En estado 0: (B) En estado T5: (B)

Comportamiento Natural

- En ambiente rural.....(R)

- En ambiente industrial.....(R)

- En ambiente marino.....(M)

- En agua de mar(M)

Embutición:

- Por expansión En estado 0: (M)

- Embutición profunda.....En estado 0: (M)

Anodizado

- De protección.....(B)

- Decorativo(R)

- Anodizado duro(MB)

Repujado

- En estado:(-)

- En estado:(-)

Composición Química

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr + Ti	Otros	Al
Min.Max	0,40	0,50	1,20 2,00	0,30	2´10 2´90	0,18 0,28	5,10 6,10	0,20	0,25	0,15	Resto

Equivalencias Internacionales

USA	ESPAÑA	FRANCIA	ALEMANIA	G.B	SUECIA	SUIZA	CANADA	ITALIA
A.A.	U.N.E.	AFNOR	DIN(1712-1725)	B.S.	S.I.S.	VSM	ALCAN	UNI
7075	L-3710 38,371	A-Z5 GU	AlZnMgCu1,5 3.4365	L160	-	Perunal	75 S	3735

Propiedades Mecánicas

ESTADO	Carga de rotura Rm N/mm2	Límite elástico Rp 0.2 N/mm2	Alargamiento 5,65 V So	Resistencia de la Cizalladura N/mm2	Dureza	
					Brinell(HB)	Vickers
0	280	150	10	-	-	-
T6	540	480	11	330	145	157

Propiedades Físicas

Módulo elástico N/mm2	Peso específico gms/cm3	Temperatura de fusión °C	Coefficiente de dilatac. lineal (20°-100°) 10-6/°C	Conductividad térmica w/m °C	Resistencia eléctrica Micro Ohm cm.	Conduct. eléctrica % IACS	Potencial de disolución V.
72.000	2,80	475-630	23´5	130	5´2	34	0´81

Radio De Plegado

Estado	Coef	0´4-0´8 m/m	0´8-1´6 m/m	1´6-3´2 m/m	3´2-4´8 m/m	4´8-6 m/m	6-10 m/m	10-12 m/m
0	K	0	1	1	1´5	2´5	3´5	-
T6	K	4´5	5´5	6´5	7	8	-	-
-	K	-	-	-	-	-	-	-

Chapas y Placas Normalizadas

Medidas m/m	Espesor m/m	Espesor m/m	Medidas m/m
1	1250 x 2500	35	1500 x 3000
1´5	1250 x 2500	40	1500 x 3000
2	1250 x 2500	45	1500 x 3000
2	1500 x 3000	50	1500 x 3000
2´5	1250 x 2500	60	1500 x 3000
3	1500 x 3000	70	1500 x 3000
4	1250 x 2500	80	1500 x 3000
4	1500 x 3000	90	1500 x 3000
5	1500 x 3000	100	1500 x 3000
6	1500 x 3000	110	1500 x 3000
8	1500 x 3000	120	1500 x 3000
10	1500 x 3000	130	1500 x 3000
12	1500 x 3000	140	1500 x 3000
15	1500 x 3000	150	1500 x 3000
20	1500 x 3000	180	1500 x 3000
25	1500 x 3000	200	1500 x 3000
30	1500 x 3000		

Como puede observarse de las tablas, se trata de un material de excelente propiedades mecánicas, incluso mejoradas tras el tratamiento térmico T6. Esto hace que presente una carga de rotura de 540 MPa y un límite elástico de 480 MPa, que permitirán hacer unos diseños óptimos sin problemas de resistencia.

El único punto negativo es su soldabilidad, aunque este es un punto que suele ser problemático en todos los aluminios, por lo que no ha sido tenido en cuenta a la hora de seleccionarlo.

Se deberá prestar atención a las chapas y placas normalizadas, ya que será de lo que se parta a la hora de la fabricación.

5.4. Control del material recibido

Una vez recibido el material se llevó a cabo la comprobación de que dicho material se corresponde con el solicitado. Es de vital importancia comprobar esto, ya que todos los cálculos de dimensionado de los elementos auxiliares se harán suponiendo que este material posee las propiedades mecánicas establecidas por el fabricante y por tanto soportará todas las fuerzas y tensiones que se generen.

El material a analizar será el ya mencionado 7075-T6, cuyas propiedades mecánicas se conocen.

En primer lugar, el departamento de I+D+I de la Universidad Politécnica de Cartagena realizó un análisis químico a una muestra del material recibido. Dicho departamento dio su aprobación tras comprobar que los porcentajes máximos y mínimos de cada elemento químico correspondían con los teóricos para esta aleación de aluminio.

Tras esto, se llevó a cabo un análisis de la dureza del material. El método empleado fue el Rockwell-D, usando como penetrador una bola de acero que aplicará una carga de 100 kilogramos.

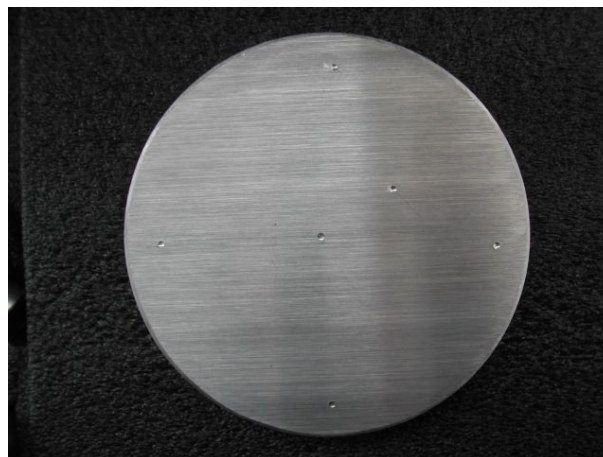


Figura 5.9. Huellas en aluminio 7075-T6 tras ensayo de dureza.

Las huellas registradas, así como los valores obtenidos dictaminaron que el material recibido poseía una dureza similar a los datos proporcionados por el proveedor, por lo que se dio por aprobado este análisis.

Por último, se procedió a realizar el análisis más importante: un ensayo de tracción. Para ello se mecanizaron dos probetas del aluminio 7075-T6 recibido y se les realizó dicho ensayo. El ensayo se produjo a una velocidad de 300 N/s, midiéndose la longitud y diámetro inicial.

Tras finalizar el ensayo se volvió a medir longitud y diámetro, obteniendo de esta forma el alargamiento, la estricción, la resistencia a fluencia y la resistencia a rotura.



Figura 5.10. Probetas de aluminio 7075-T6 para ensayo de tracción.

Los valores obtenidos se encontraban muy cercanos a los que teóricamente posee este material, por lo que se decidió dar por concluida toda la serie de controles. De este modo, se aprobó el material recibido como apto para realizar la fabricación de los componentes que se diseñasen.

6. ESTRIBERAS

El primer elemento auxiliar a diseñar serán las estriberas. Éstas serán las encargadas de soportar, en parte, el peso del piloto, así como la fuerza que éste ejerza en los cambios de dirección.

Es por ello que el primer paso a seguir deberá ser el análisis de esfuerzos a los que van a estar sometidas las estriberas. Posteriormente, conocido el material, y en función de los esfuerzos calculados, se procederá a su diseño, análisis mediante elementos finitos y optimización. Con todo ello se estará en disposición de fabricar los componentes.

6.1. Cálculo de esfuerzos

Como ya se ha mencionado, las estriberas deberán soportar parte del peso del piloto, aunque la mayor parte de éste será soportado por el subchasis.

Los mayores esfuerzos a los que se verán sometidas las estriberas se producirán cuando el piloto se apoye en ellas para hacer un cambio de postura para afrontar una curva. En esta situación, la totalidad del peso del piloto deberá ser soportado por una de las estriberas -en función de cuál sea el sentido de la curva-.

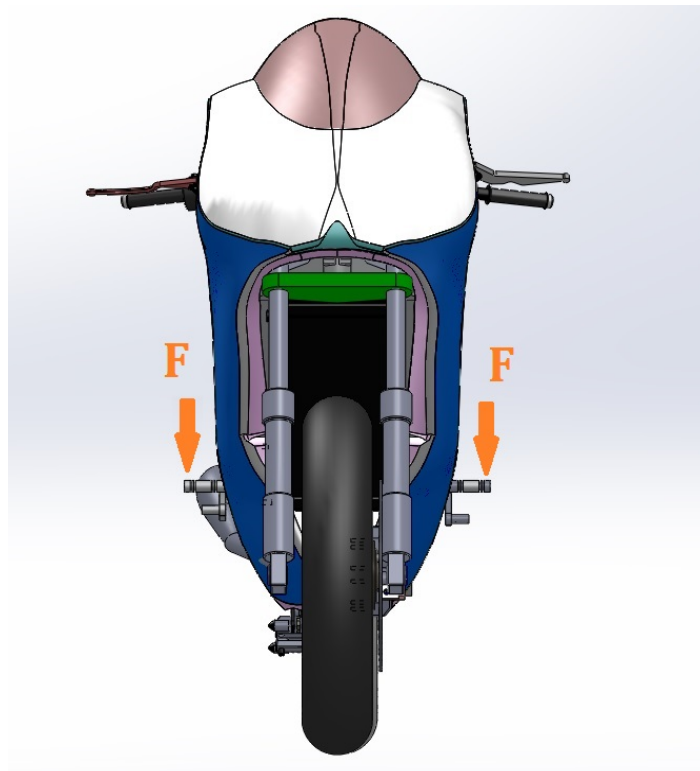


Fig 6.1. Análisis de esfuerzos en estriberas

Para que dicho cálculo de esfuerzos sea lo más fiable posible, se tomará la situación más adversa que pudiese plantearse, es decir, la situación en la que el piloto apoye todo su peso sobre una de las estriberas.

Esto provocaría una fuerza vertical descendente sobre la estribera correspondiente. Esta fuerza sería el peso del piloto, para el cual se tomará un valor sobredimensionado de 90kg, por lo que:

$$F = \text{Peso piloto} = 90 \times 9.81 = \mathbf{883\ N}$$

El resto de situaciones, como por ejemplo los esfuerzos que se generan mediante el simple apoyo de los pies en las estriberas durante una recta, no se tendrán en consideración, ya que evidentemente los esfuerzos resultantes serán mucho menores al calculado.

6.2. Diseño, análisis y optimización

El cálculo de los esfuerzos a los que se verán sometidas las estriberas, junto con el conocimiento del material a emplear, proporciona suficientes datos para comenzar el diseño de éstas.

Sin embargo, para el diseño de los elementos auxiliares se deberán conocer también ciertas características geométricas que debe cumplir una motocicleta, tales como el avance, lanzamiento o distancia entre ejes. Estas geometrías son básicas para el diseño del chasis o el basculante pero, dado que los componentes auxiliares podrían modificarlas, es necesario conocerlas y estudiarlas previamente. Por ello, en el *Anexo 2: Aspectos geométricos de una motocicleta* se detallará todo lo relacionado con este aspecto.

En el caso particular de las estriberas, además de estas geometrías se deberá consultar al piloto sobre sus gustos y costumbres a la hora de pilotar la motocicleta, ya que estos serán sus apoyos. Es por ello que la altura, longitud e, incluso, parte de la geometría de las estriberas estarán condicionadas por la opinión del piloto.

Tras analizar todos estos condicionantes se llevó a cabo el primer diseño de las estriberas. Los objetivos buscados eran: la comodidad del piloto, buena resistencia a los esfuerzos que se generen y bajo peso.

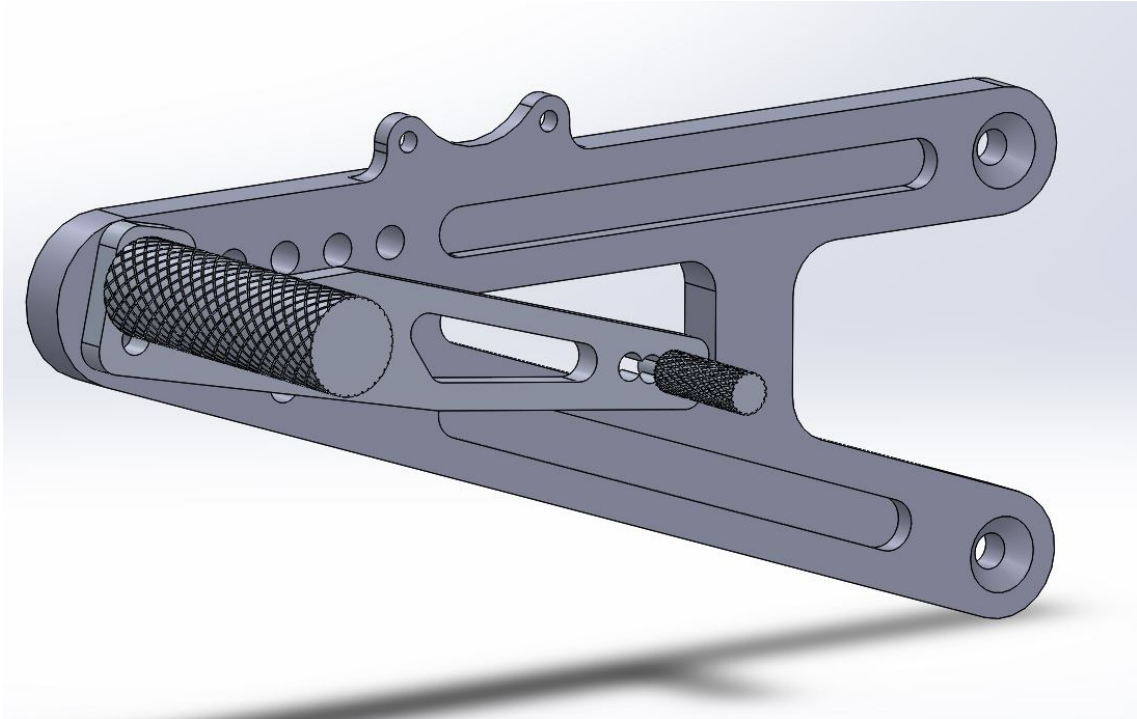


Figura 6.2. Estribera derecha. Diseño preliminar. Vista isométrica.

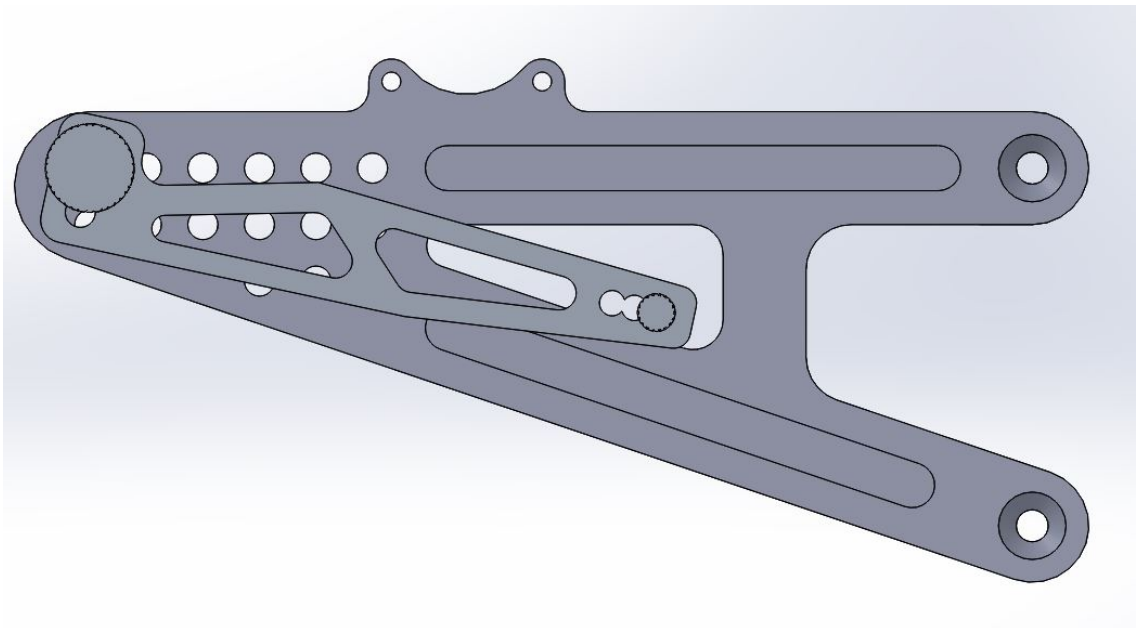


Figura 6.3. Estribera derecha. Diseño preliminar. Vista frontal.

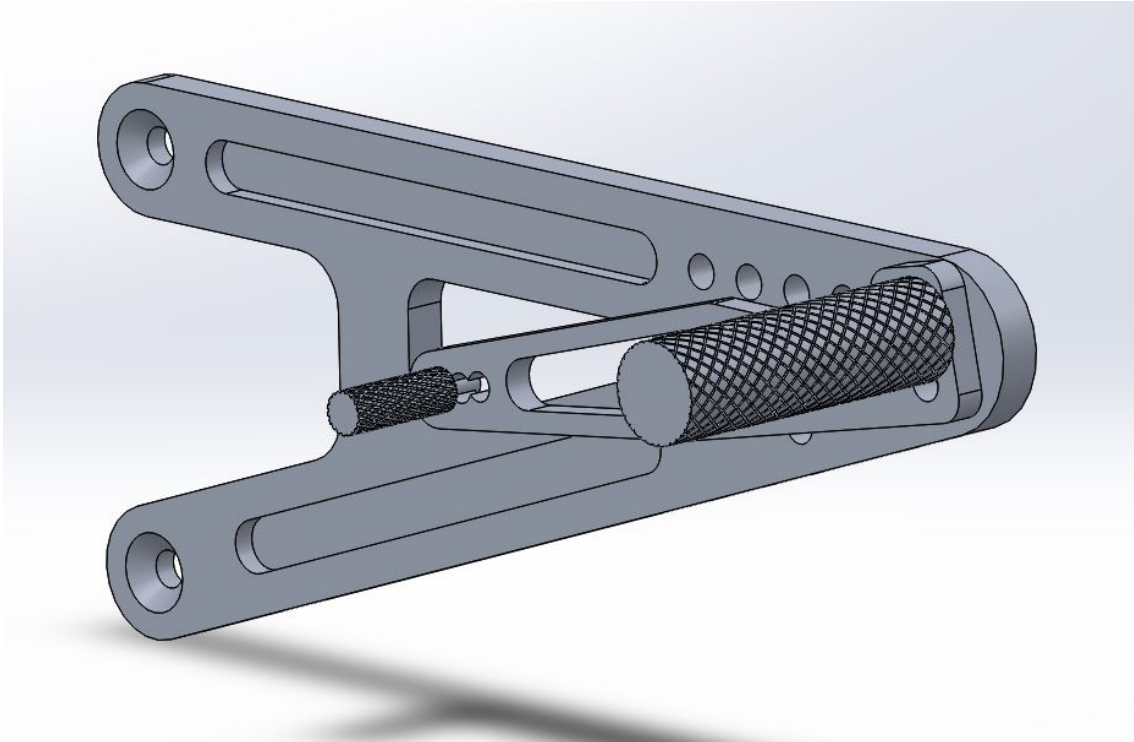


Figura 6.4. Estribera izquierda. Diseño preliminar. Vista isométrica.

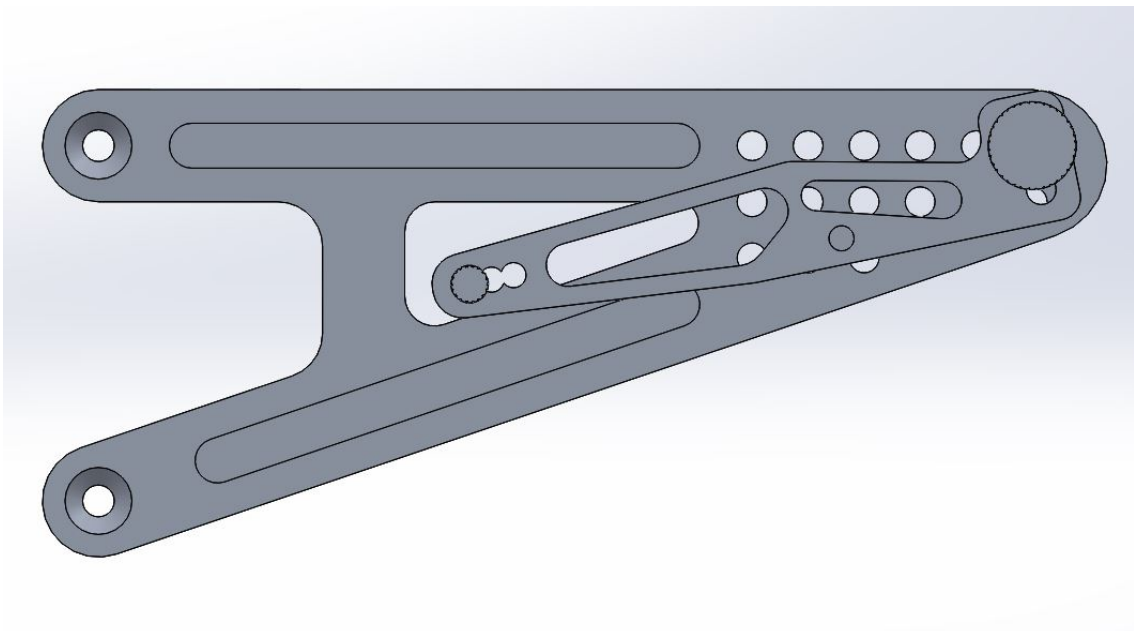


Figura 6.5. Estribera izquierda. Diseño preliminar. Vista frontal.

El primer punto a destacar es que los diseños de las estriberas derecha e izquierda son análogos, es decir, tan solo varían los aspectos evidentes dada su colocación, mientras que la geometría, distancias y espesores se respetan.

En este primer diseño se trató de buscar la reducción de peso. Para ello se dispusieron unos agujeros en la parte trasera, aliviando al modelo en su peso final. Por otro lado, las palancas -de freno y de cambio respectivamente- también fueron diseñadas con un vaciado en su parte central.

La búsqueda de la rigidez se manifiesta en la geometría triangulada del diseño, el cual cuenta con dos puntos de sujeción al chasis. Esta triangulación se refuerza con el tirante central que une las partes de arriba y abajo.

La altura y excesiva longitud de las estriberas están influenciadas por las opiniones y peticiones del piloto. Sin embargo, se aportó una característica esencial: *adaptación*, es decir, posibilidad de variar la longitud y altura del estribo, así como la colocación del apoyo de la punta. Esta capacidad de variar dichos aspectos geométricos es posible gracias a la disposición de varios orificios tanto en la plantilla como en la palanca.

De este modo, la palanca puede subirse, bajarse, acercarse o alejarse, quedando fijada finalmente en los orificios que mejor convengan. De igual manera, el apoyo de la punta podrá colocarse en tres posibles posiciones, dependiendo de las preferencias del piloto.

El siguiente paso tras realizar los primeros diseños es el análisis de estos. Para ello, utilizando el método de elementos finitos, se aplicarán las cargas previamente calculadas en el *capítulo 6.1*.

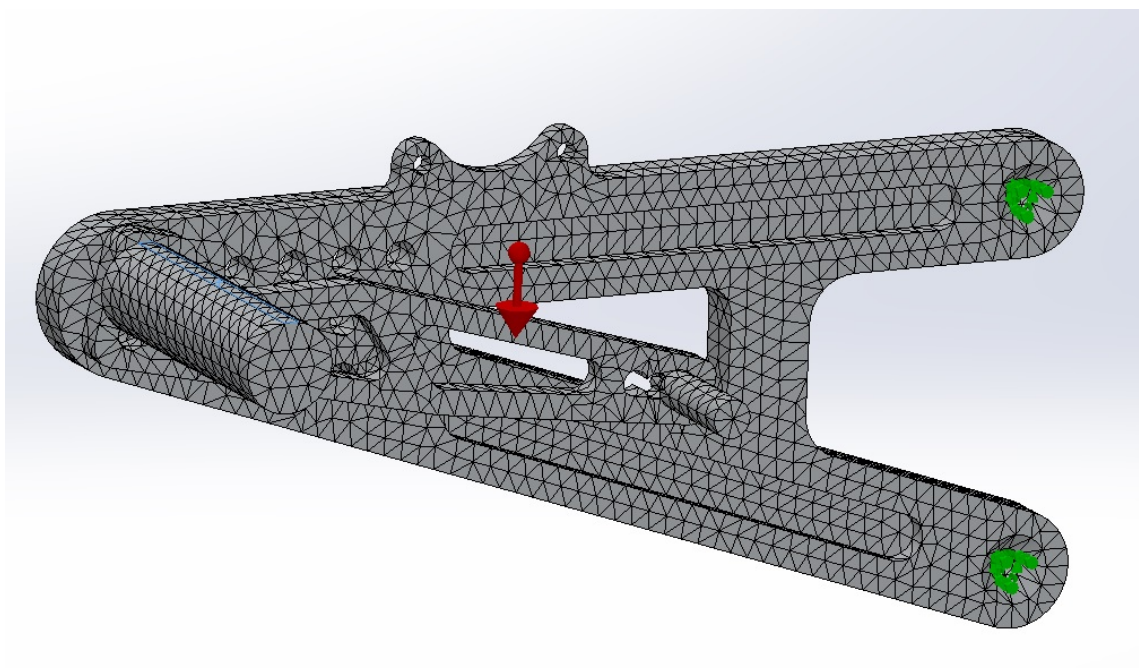


Figura 6.6. Mallado y cargas aplicadas (Primer diseño estribera derecha).

Como muestra la *Figura 6.6.*, el primer paso para el análisis por elementos finitos es el mallado de la pieza. El mallado divide la pieza en elementos de igual tamaño -en este caso cada 5mm-, evaluando el efecto que tienen en ellos las cargas aplicadas.

Por otro lado se debe fijar el modelo, en este caso, a través de las sujeciones que unirán las estriberas al chasis.

Por último se deben aplicar las fuerzas a las que se verá sometido el diseño. Estas han sido previamente calculadas. En este caso se trata de 883N (90kg) que serán aplicados en el estribo de talón, ya que será en esta zona donde el piloto apoye la totalidad de su peso para realizar un desplazamiento de su cuerpo.

Tras definir todos estos parámetros -que serán análogos para la estribera izquierda- se procede a realizar el análisis.

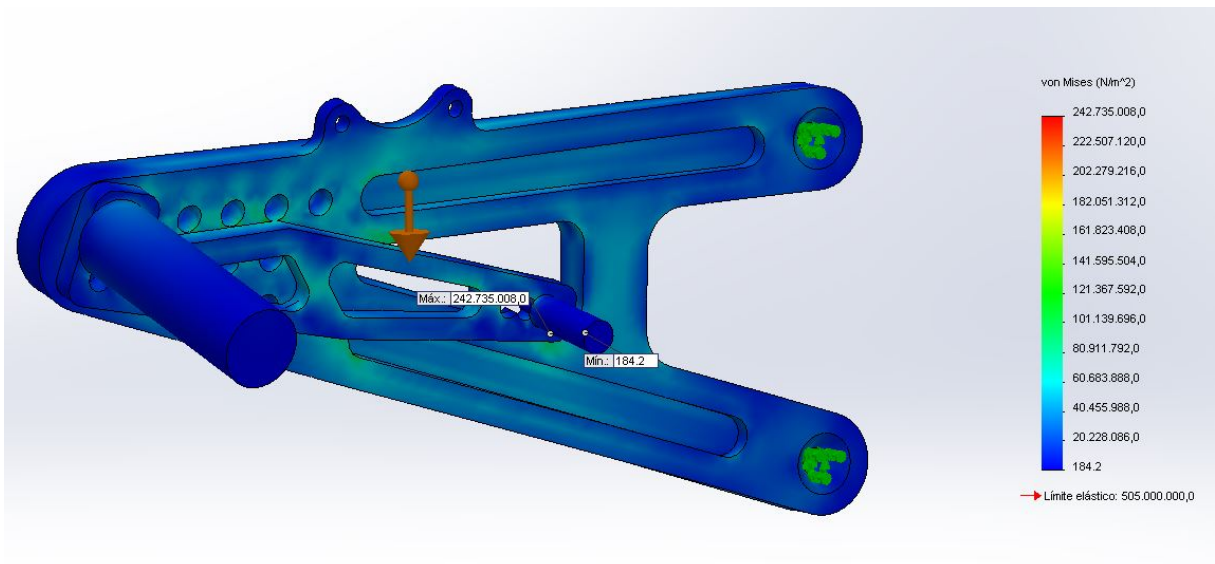


Figura 6.7. Análisis primer diseño estribera derecha. Tensiones.

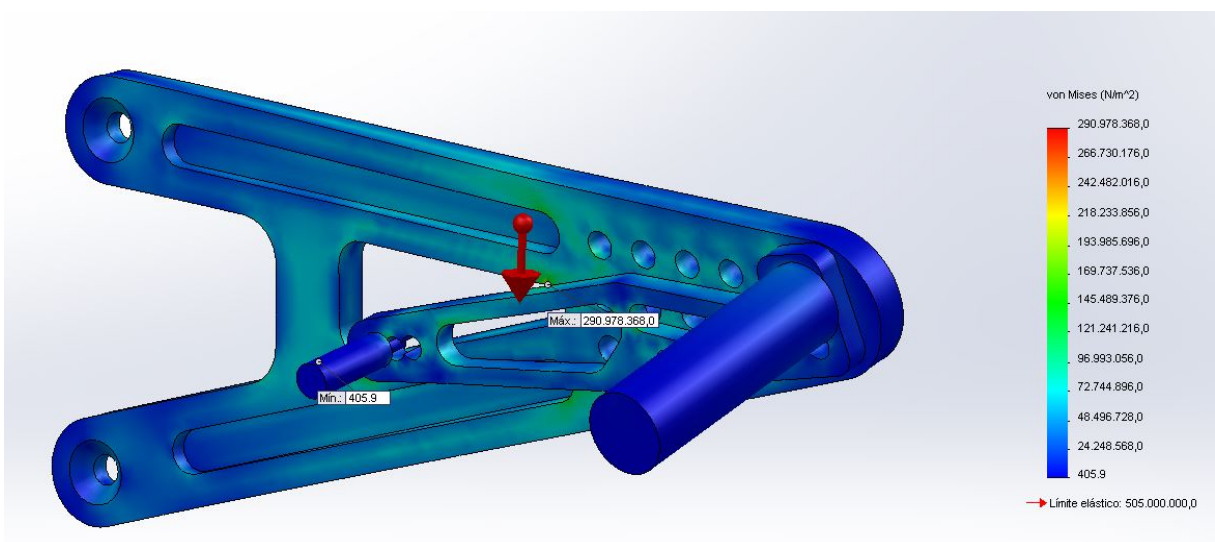


Figura 6.8. Análisis primer diseño estribera izquierda. Tensiones

Los resultados obtenidos muestran que las tensiones que se generan en las estribas son inferiores al límite de rotura e, incluso, al límite elástico. Estas tensiones son ligeramente superiores en la estribera izquierda (290MPa) con respecto a la estribera derecha (242MPa). Esta ligera diferencia radica en la pequeña plantilla mecanizada en la parte superior de la estribera derecha que le aporta una mayor resistencia.

Por el momento el diseño es óptimo, sin embargo, debe prestarse especial atención a las deformaciones provocadas.

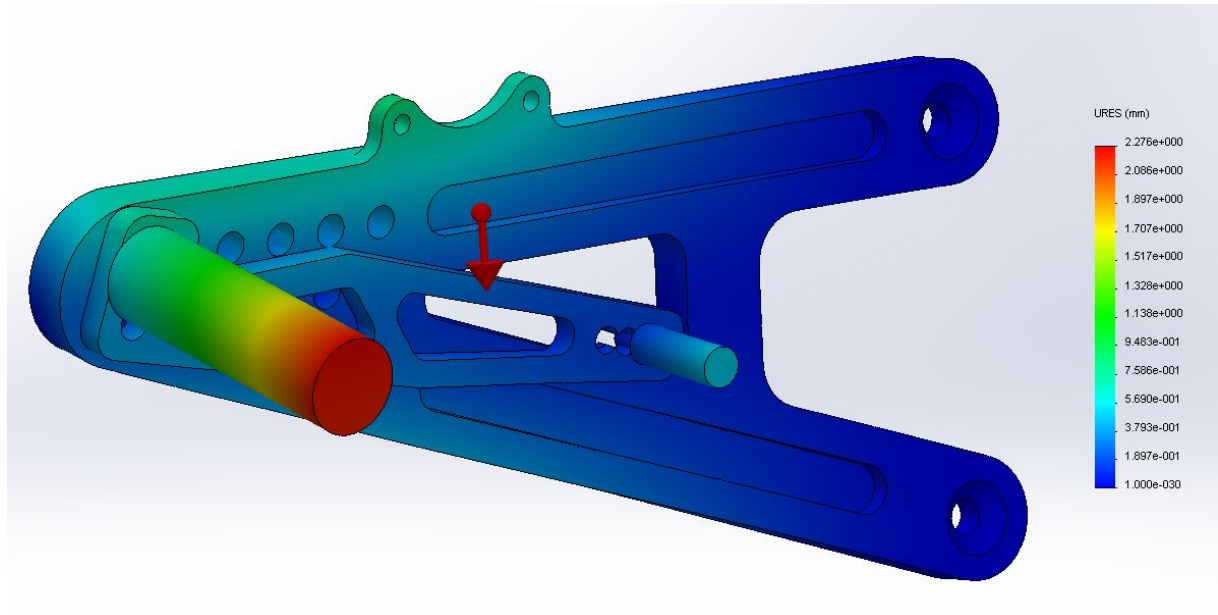


Figura 6.9. Análisis primer diseño estribera derecha. Deformaciones. Vista isométrica.

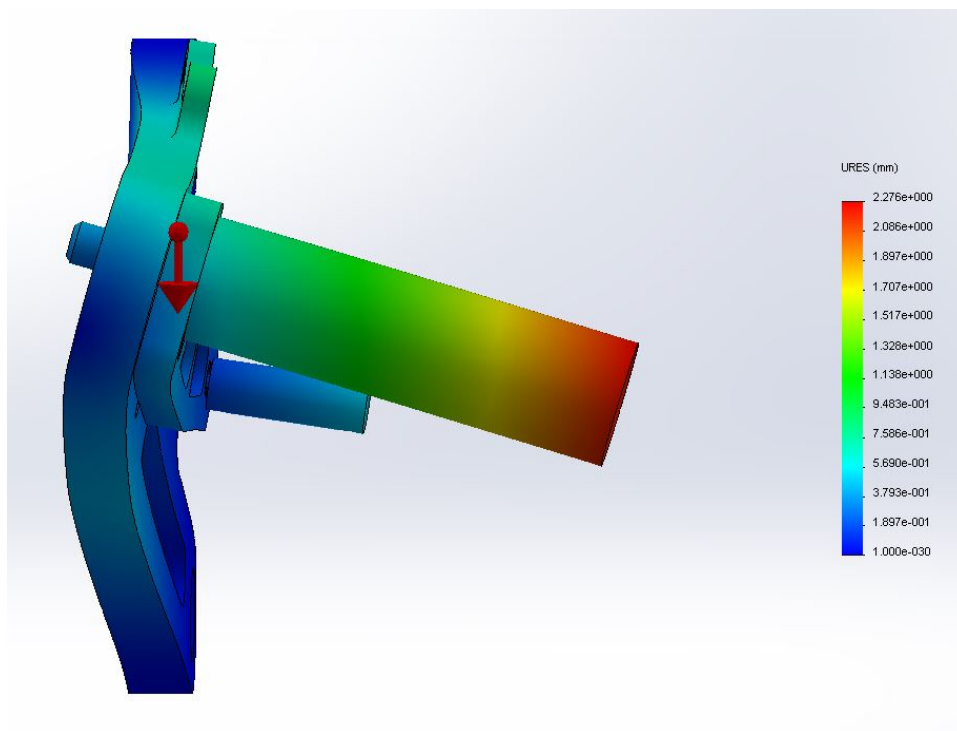


Figura 6.10. Análisis primer diseño estribera derecha. Deformaciones. Vista posterior.

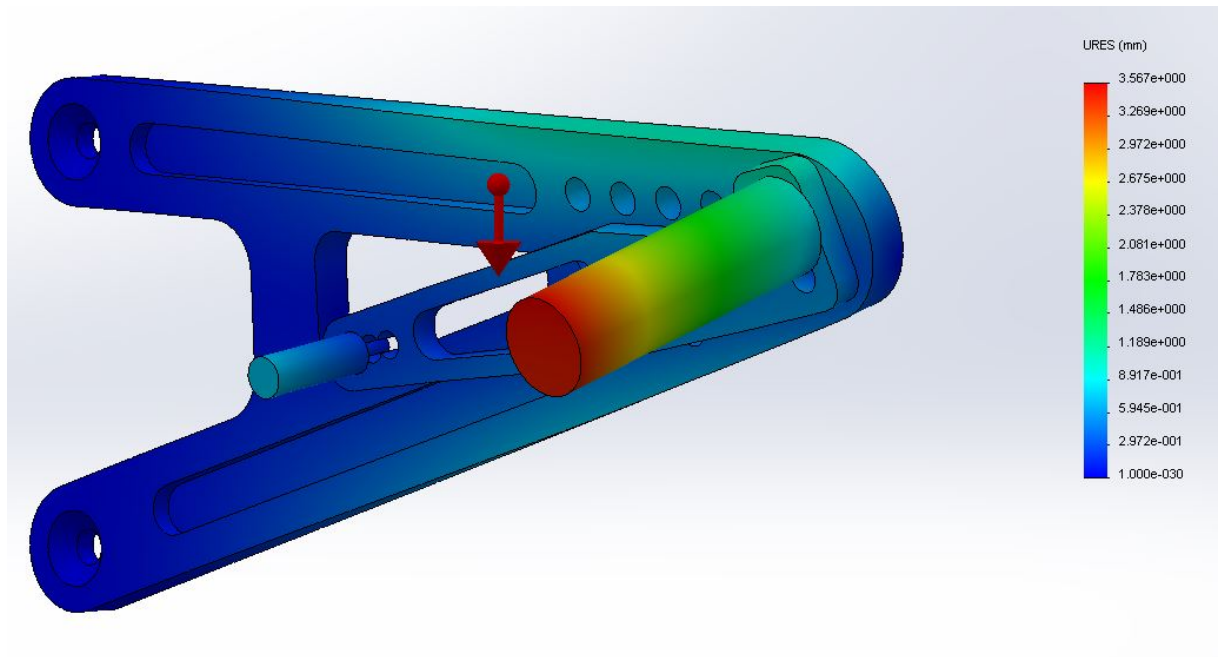


Figura 6.11. Análisis primer diseño estribera izquierda. Deformaciones. Vista isométrica.

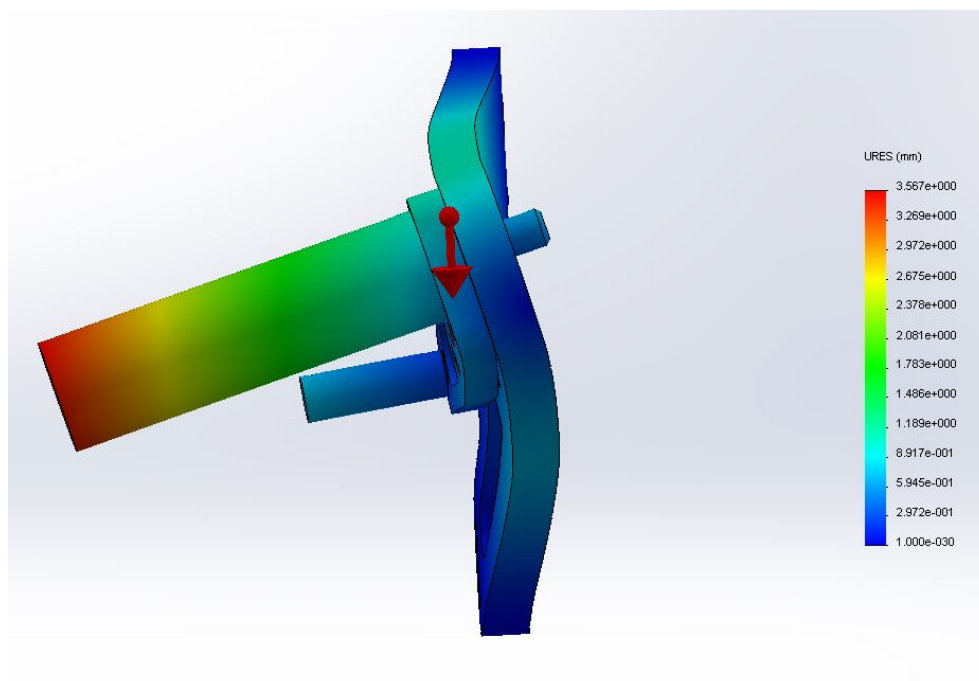


Figura 6.12. Análisis primer diseño estribera izquierda. Deformaciones. Vista posterior.

Evidentemente, los efectos de deformación se muestran exagerados para poder apreciar cuáles son los puntos más críticos. Sin embargo, si se atiende a la tabla de valores mostrada a la derecha, se observa que dichos valores son demasiado altos para considerar el modelo óptimo.

En el caso de la estribera derecha se produce una deformación máxima de 2,3mm en el estribo o apoyo del talón, ya que es la zona donde recaerá todo el peso del piloto. En el caso de la estribera izquierda esta deformación es incluso mayor, 3,5mm.

Los resultados obtenidos, sobre todo los que a deformaciones se refieren, informan de que el diseño no se puede dar por válido, por lo que habrá que hacer modificaciones para optimizarlo.

El primer aspecto que se decidió modificar fue la longitud y espesor de la plantilla que constituye la parte principal de la estribera. En el diseño preliminar, esta plantilla tenía 285mm de longitud y 12mm de espesor, mientras que en el diseño optimizado la longitud será de 195mm y el espesor de 15mm.

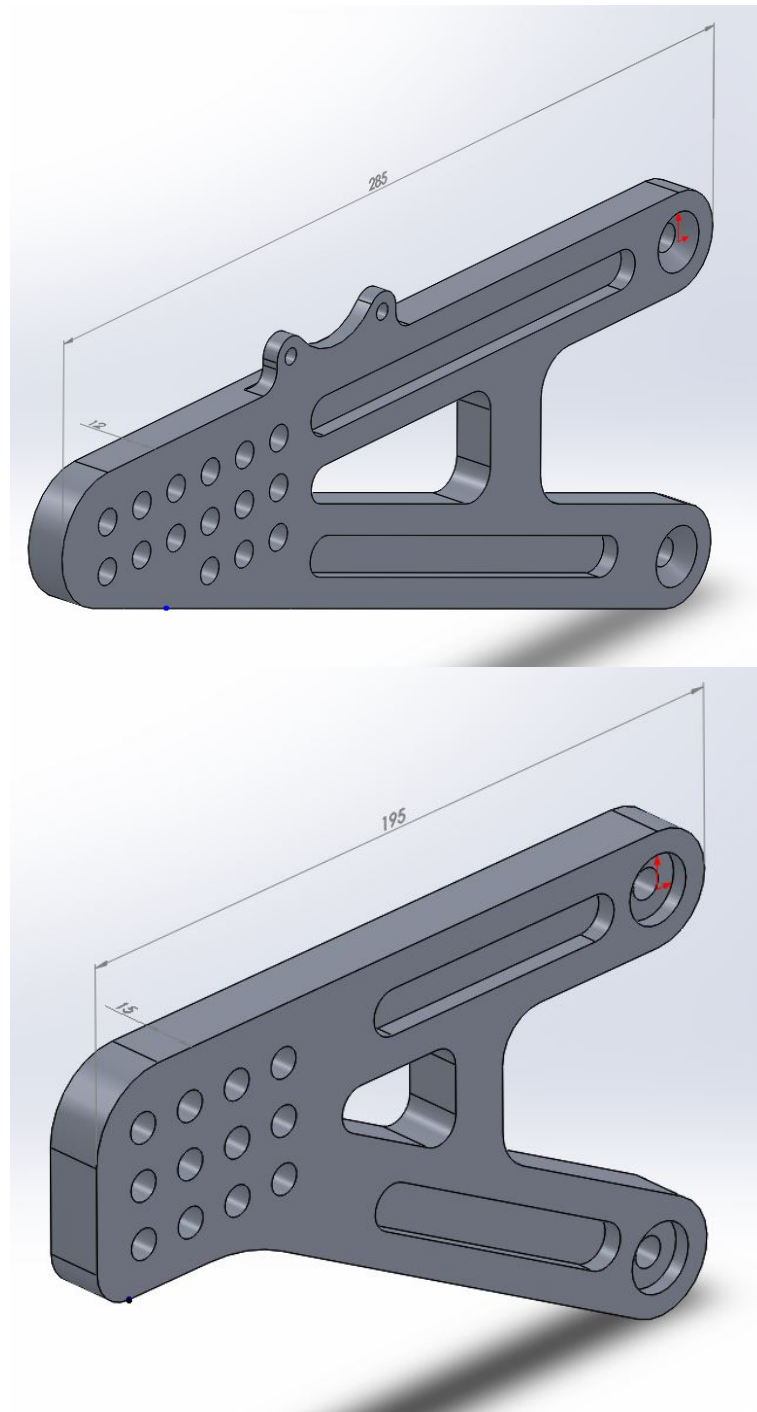


Figura 6.13. Modificación plantilla estriberas

El resto de características geométricas y de diseño se respetarían, ya que este aspecto modificado sería suficiente para conseguir aumentar enormemente la resistencia estructural de las estriberas.

En cuanto a las palancas y estribos también se respetarían sus diseños, ya que no influyeron en los análisis realizados al primer diseño.

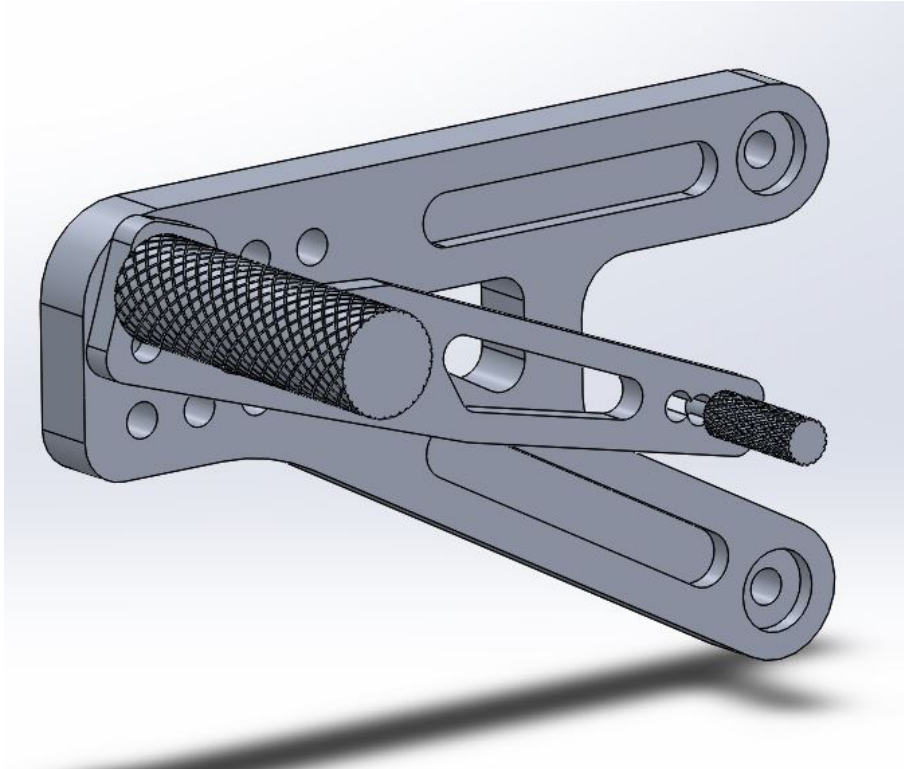


Figura 6.14. Estribera derecha. Diseño definitivo. Vista isométrica.

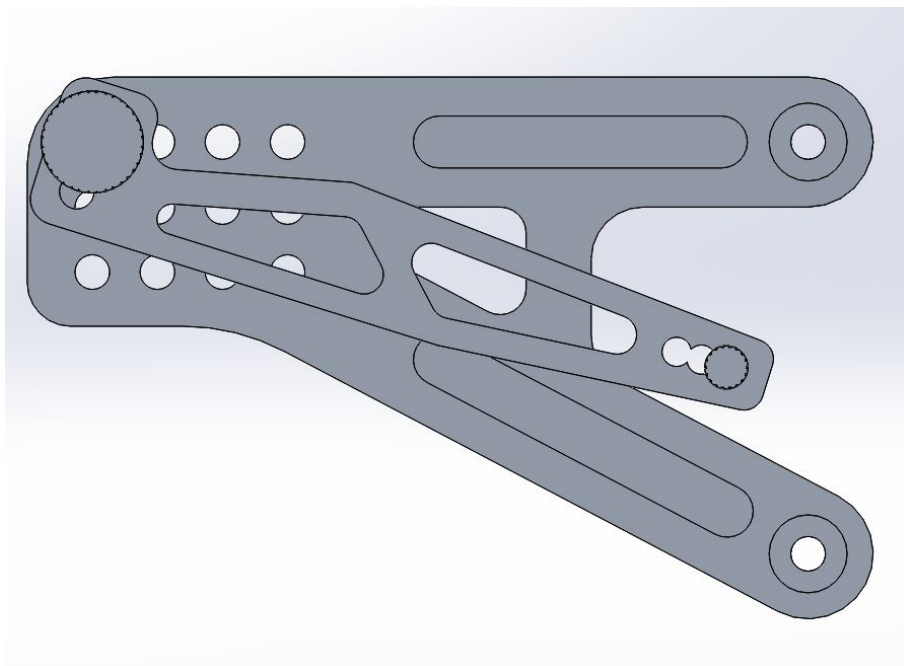


Figura 6.15. Estribera derecha. Diseño definitivo. Vista frontal.

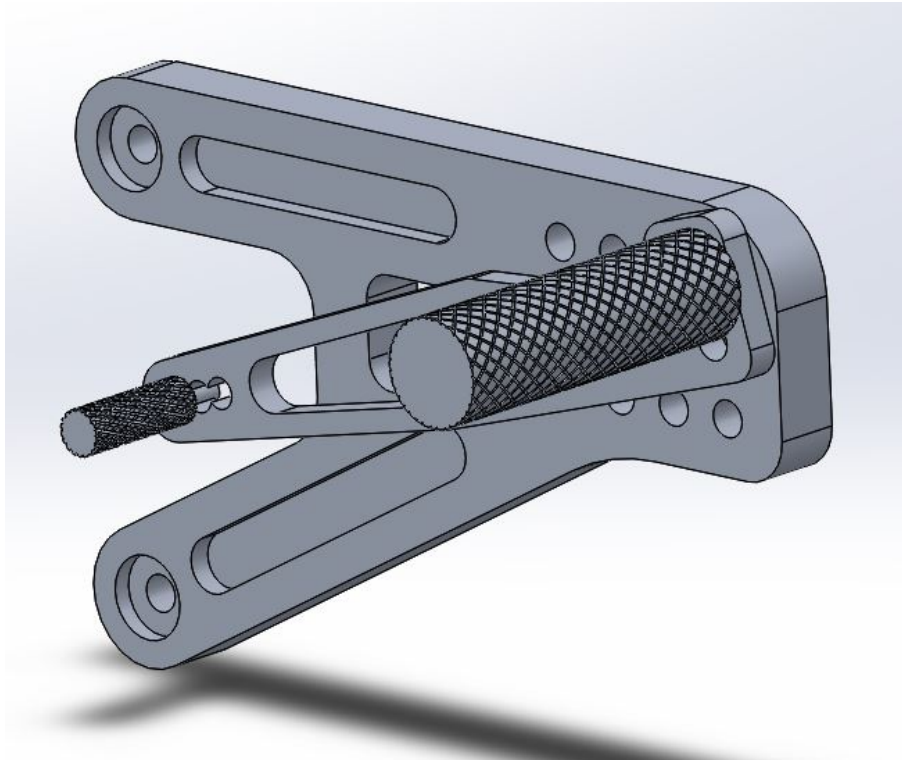


Figura 6.16. Estribera izquierda. Diseño definitivo. Vista isométrica.

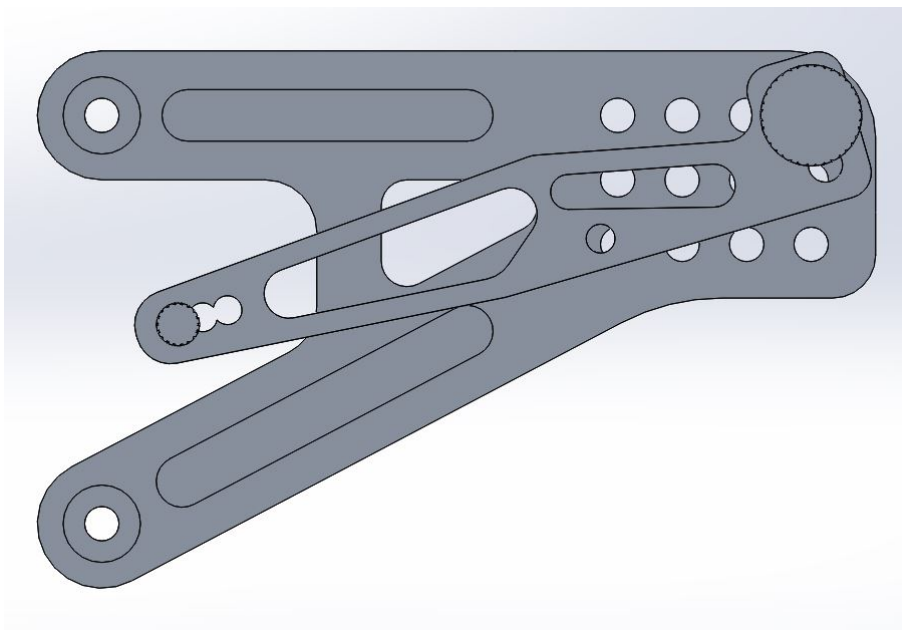


Figura 6.17. Estribera izquierda. Diseño definitivo. Vista frontal.

Estos diseños modificados serían evaluados, siguiendo el mismo procedimiento llevado a cabo para los diseños previos. Las cargas aplicadas serían las mismas, así como las sujeciones y el mallado. De esta forma se comprobará si las modificaciones han sido acertadas y el diseño se ha optimizado.

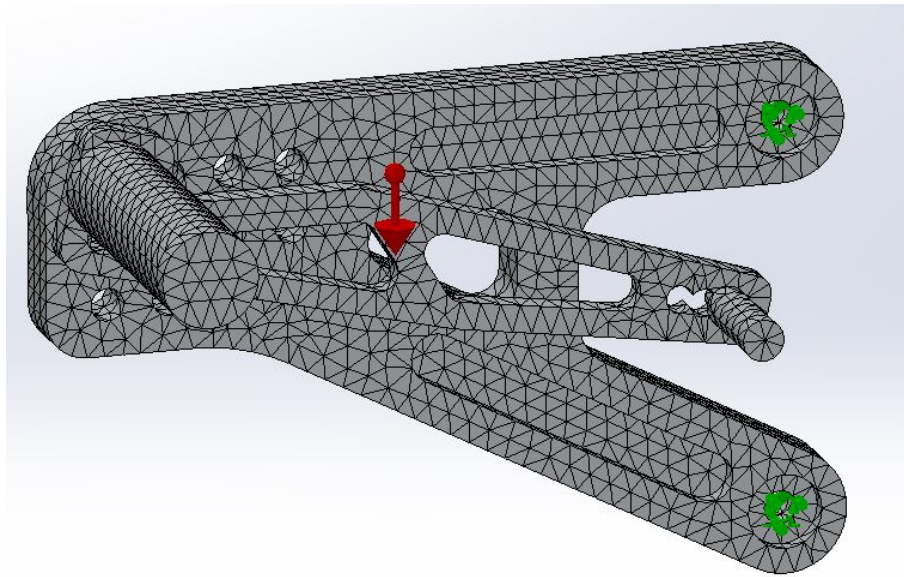


Figura 6.18. Mallado y cargas aplicadas (Diseño definitivo estribera derecha).

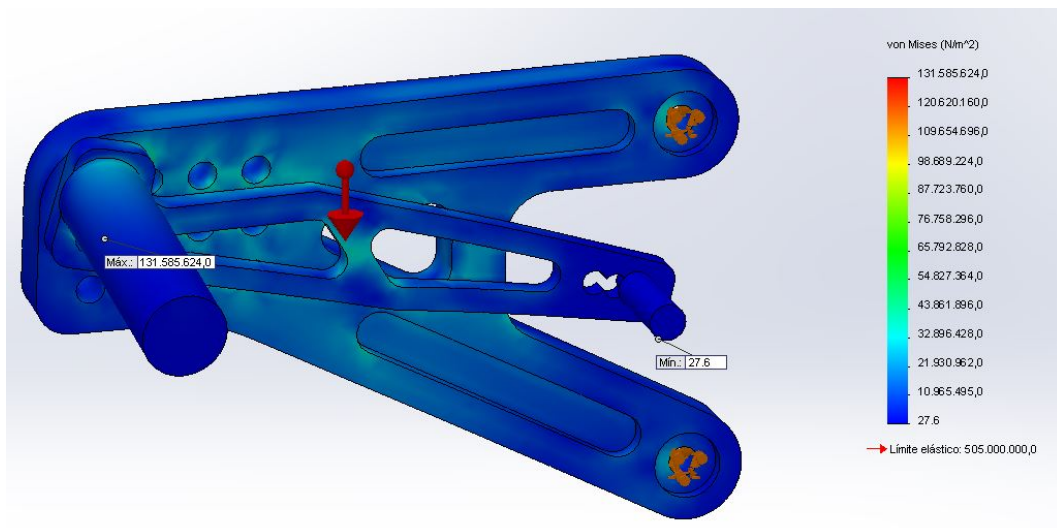


Figura 6.19. Análisis diseño definitivo estribera derecha. Tensiones.

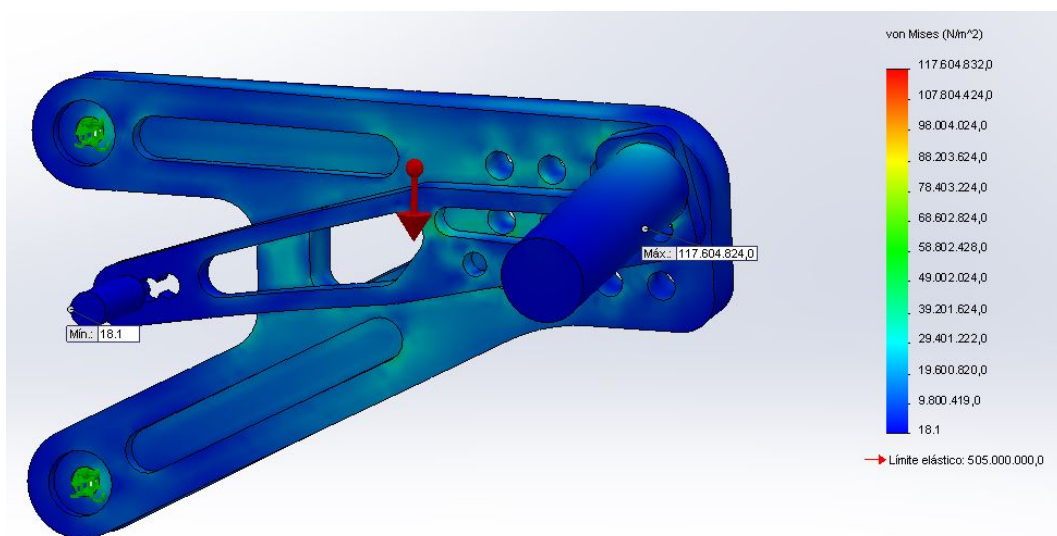


Figura 6.20. Análisis diseño definitivo estribera izquierda. Tensiones.

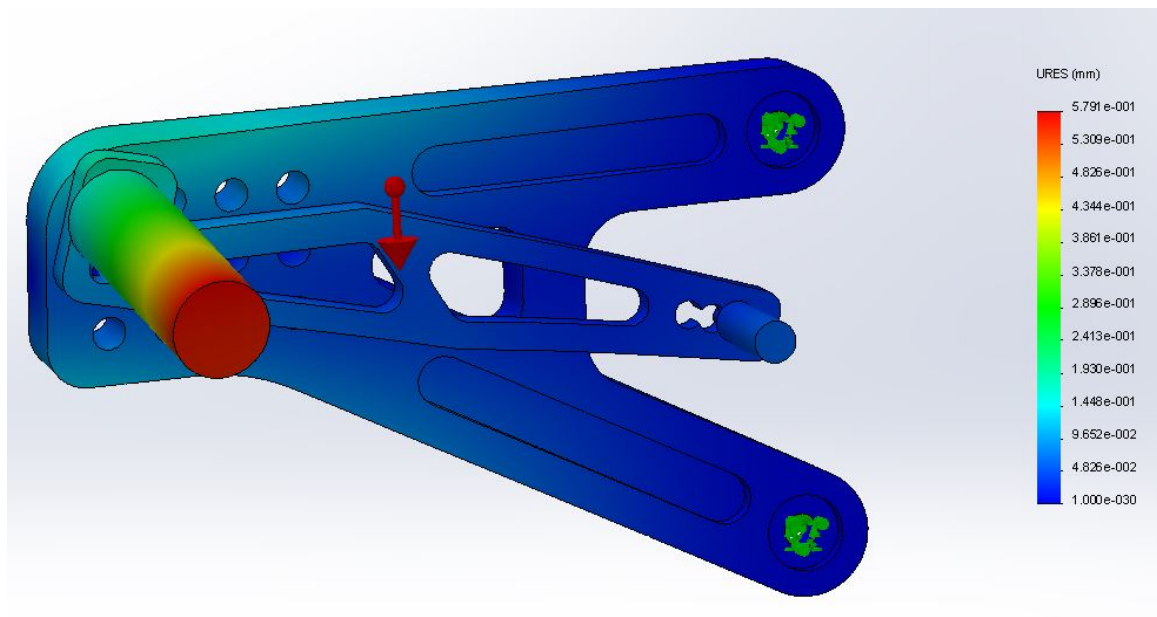


Figura 6.21. Análisis diseño definitivo estribera derecha. Deformaciones. Vista isométrica.

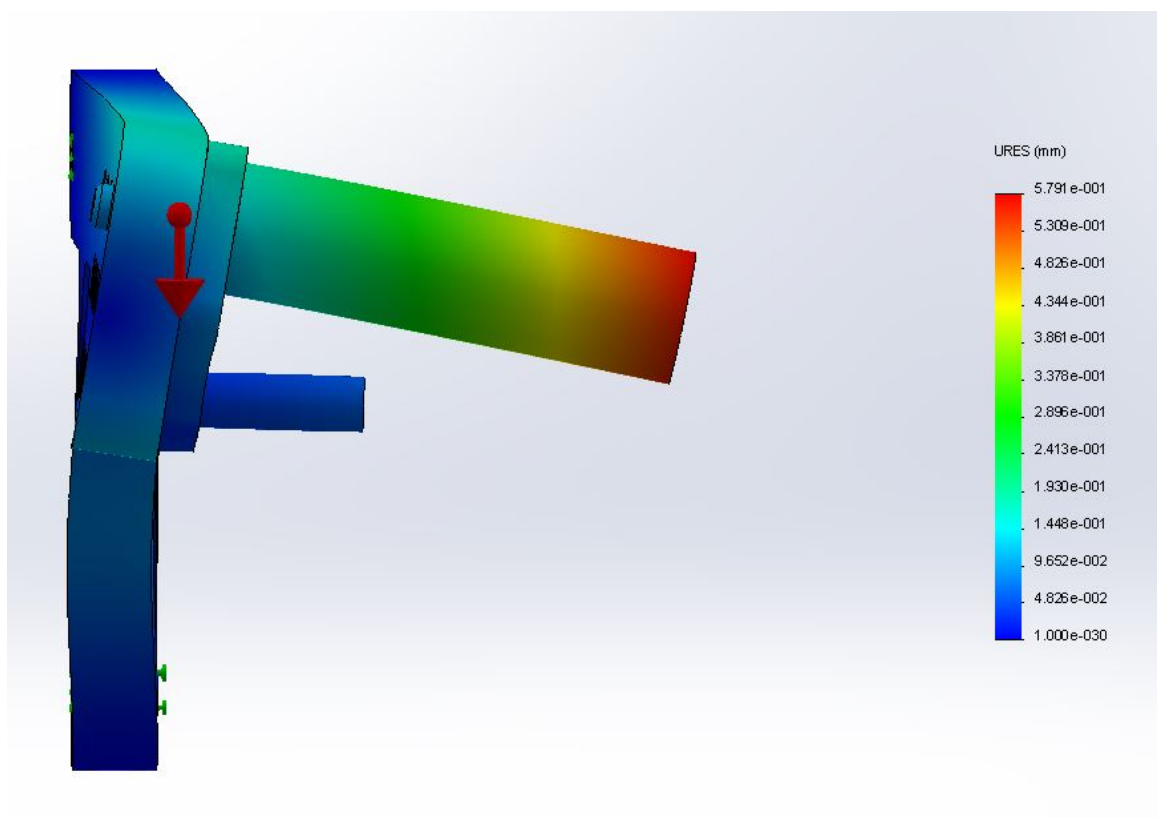


Figura 6.22. Análisis diseño definitivo estribera derecha. Deformaciones. Vista posterior.

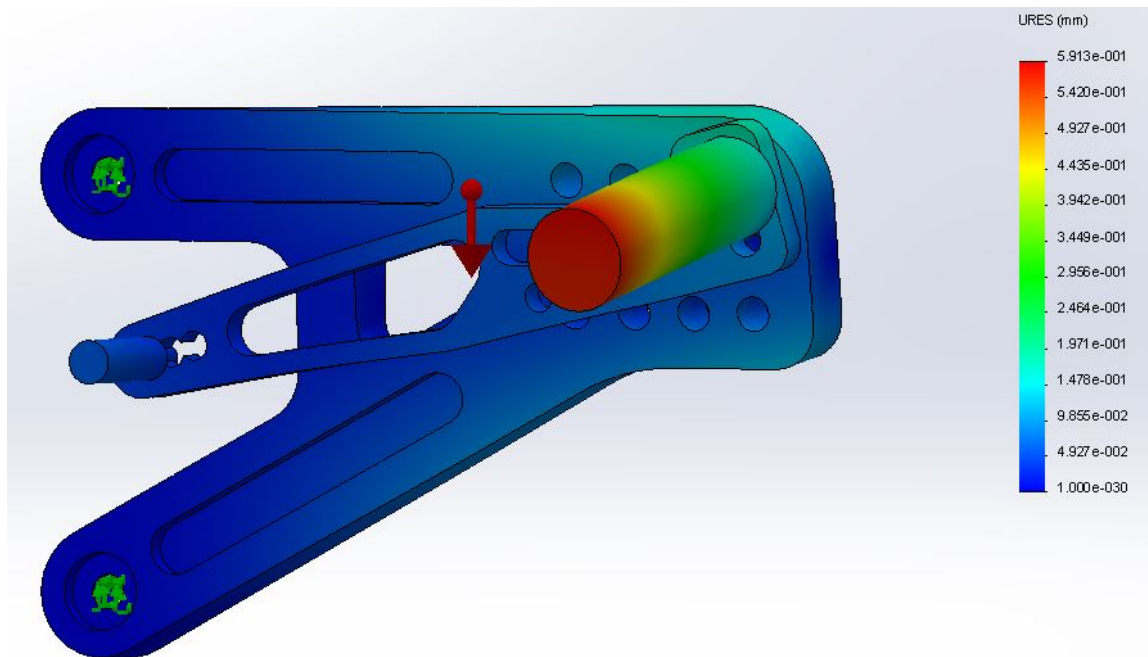


Figura 6.23. Análisis diseño definitivo estribera izquierda. Deformaciones. Vista isométrica.

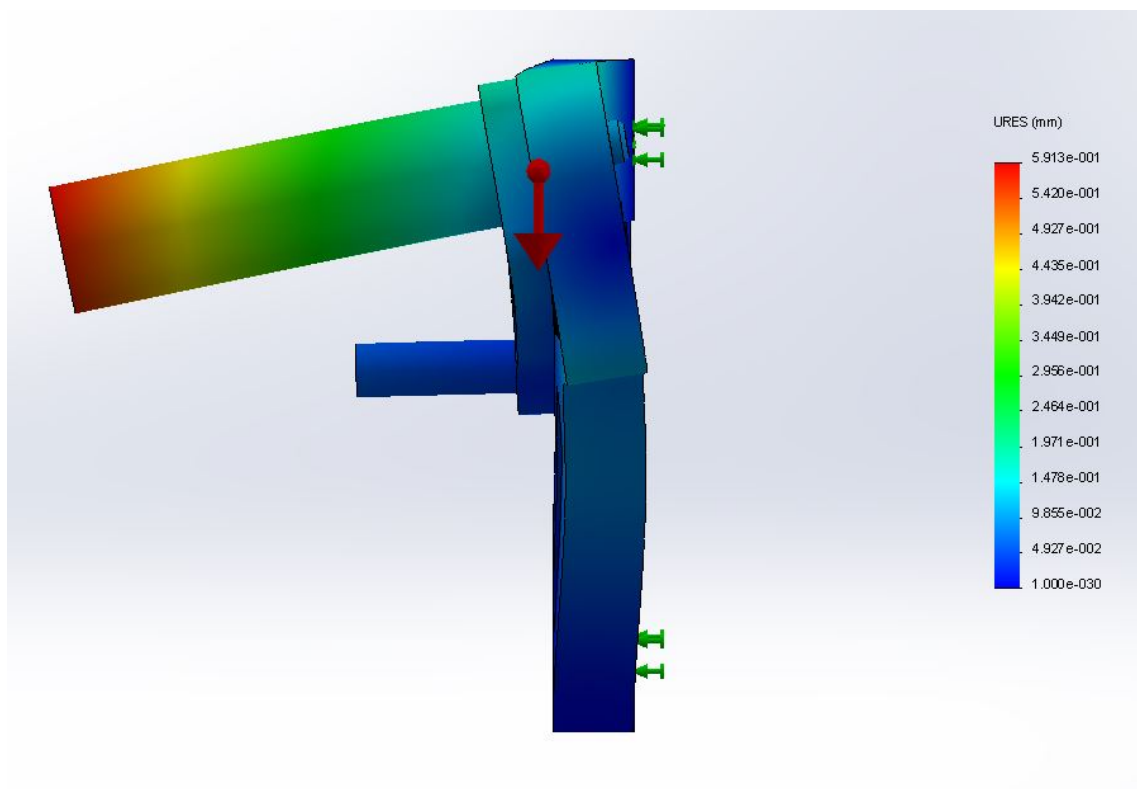


Figura 6.24. Análisis diseño definitivo estribera izquierda. Deformaciones. Vista posterior.

Tras realizar los análisis se deben estudiar estos para decidir si las modificaciones han sido correctas y si se considera el diseño optimizado.

A través de los resultados para el análisis de tensiones se observa que los valores máximos registrados son de 131Mpa para la estribera derecha y 117Mpa para la izquierda. Esto significa que se han rebajado entre 100-150 Mpa las tensiones que se generarían en las estribas, encontrándose éstas muy alejadas de los 480Mpa de límite elástico del material.

Sin embargo, estos valores de tensión ya eran adecuados en el primer diseño, por lo que se deberá prestar mayor atención al análisis de deformaciones, verificando que se han mejorado los malos resultados del diseño previo.

Se observa que el punto máximo de deformación, tanto en la estribera derecha como en la izquierda es de 0,5 milímetros, muy inferior a los 3,5 milímetros registrados en el primer diseño. Estos 0,5mm resultan despreciables, por lo que se aceptará el resultado obtenido como óptimo.

Además, se han alcanzado los objetivos marcados antes de su realización, tales como obtener una gran rigidez, minimizar las deformaciones y ajustar su diseño a las necesidades del piloto.

Por otro lado se ha conseguido reducir el peso de las estribas hasta los 628g, lo que supone un diseño muy ligero y con grandes prestaciones. A todo ello se le suma la capacidad de adaptación de la estribera a los gustos del piloto, pudiendo moverse ésta a lo largo de dos ejes.

De esta forma se da por concluido el diseño de las estribas tras su optimización.

6.3. Proceso de fabricación

Debido a que los diseños de la estribera derecha e izquierda son análogos, también lo será su fabricación. Es por ello que se detallará la fabricación de una de ellas, pudiéndose trasladar igualmente a la otra.

Para la fabricación de la estribera se partirá de una placa de aluminio 7075-T6. Las dimensiones de dicho bloque serán 195x130x15 (milímetros).

Con este bloque se realizará el mecanizado de la plantilla principal de la estribera, mientras que para la palanca y los estribos -de talón y de punta- se aprovecharán restos de bloques utilizados para la fabricación de otros componentes.

6.3.1. Plantilla

Como ya se ha mencionado, para la fabricación de la plantilla de la estribera se partirá de un bloque de 195x130x15 milímetros.

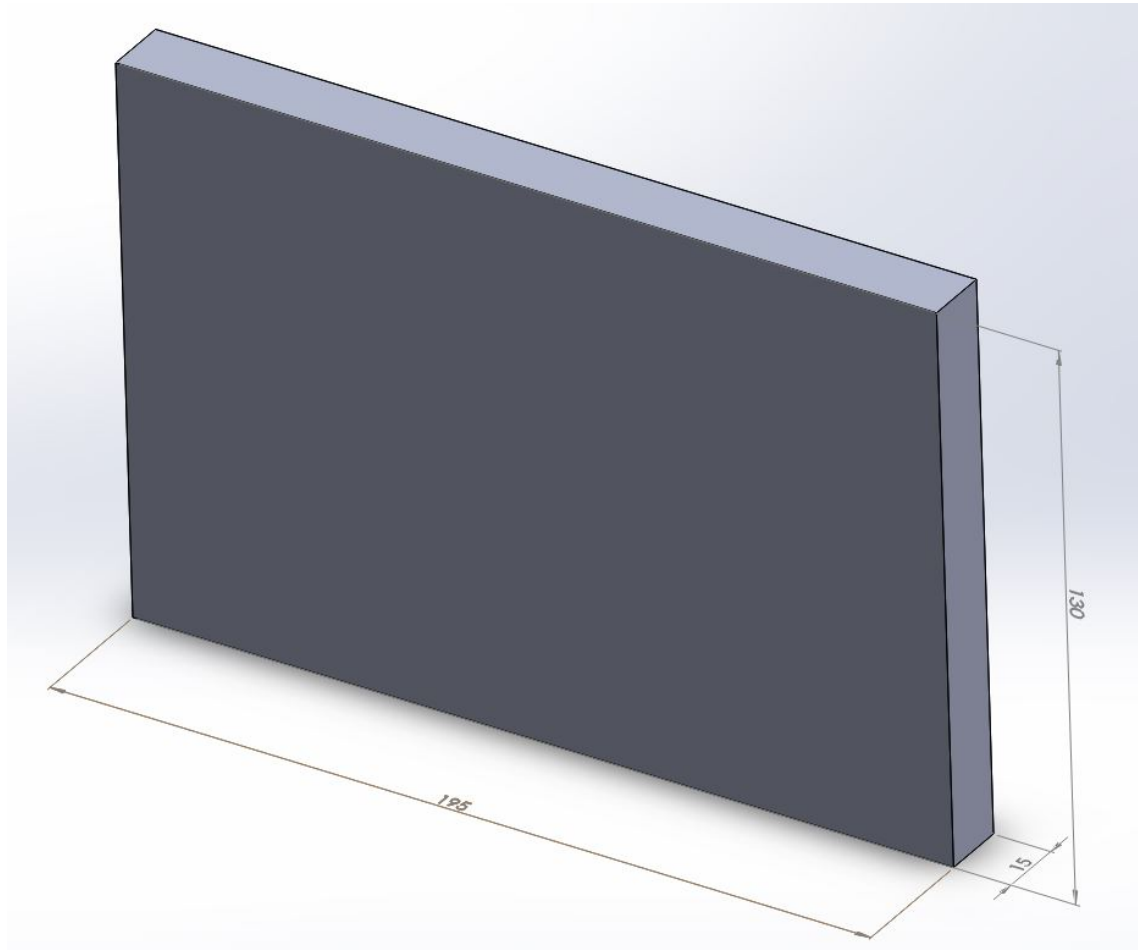


Figura 6.25. Bloque de aluminio 7075-T6 para fabricación plantilla estribera.

El primer paso será el mecanizado de esta plantilla siguiendo las indicaciones de los planos (*Anexo 4*). Este primer mecanizado dará la forma general a la plantilla, así como los agujeros que reducirán su peso y ofrecerán múltiples combinaciones para regular la colocación del estribo.

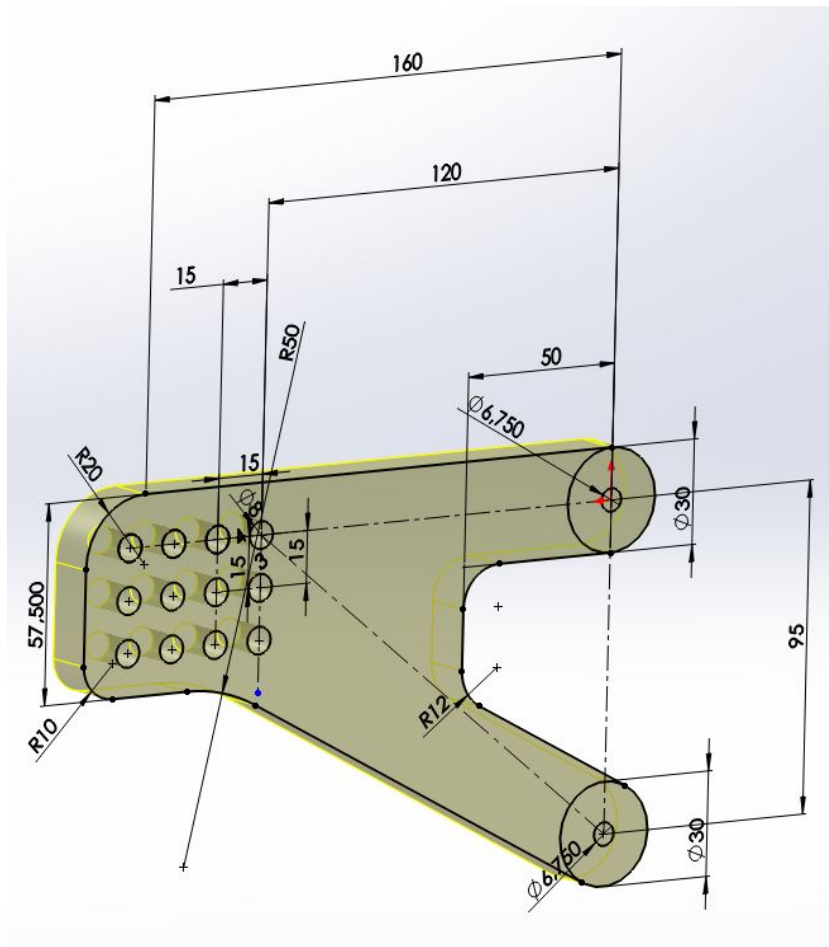


Figura 6.26. Primer mecanizado. Plantilla estribera.

Tras este primer mecanizado se procederá al fresado de la zona central, reduciendo una vez más el peso. Este fresado respetará un tirante de 15mm que unirá la parte superior e inferior de la estribera, aportando una gran resistencia a la pieza.

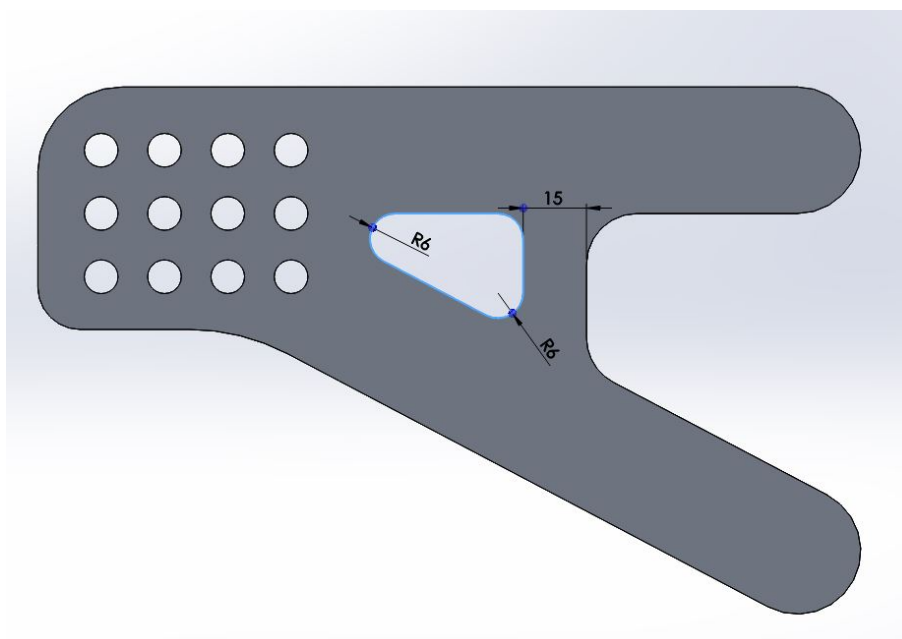


Figura 6.27. Fresado central. Plantilla estribera.

El siguiente paso será el vaciado, tanto de la parte superior como inferior, en busca de nuevo de la reducción de peso. Estos vaciados serán de 5mm de profundidad, por lo que la plantilla, en esa zona, aún seguirá contando con 10mm de espesor. Más que suficiente para aportar rigidez a la estribera, como ya se ha comprobado en los análisis.

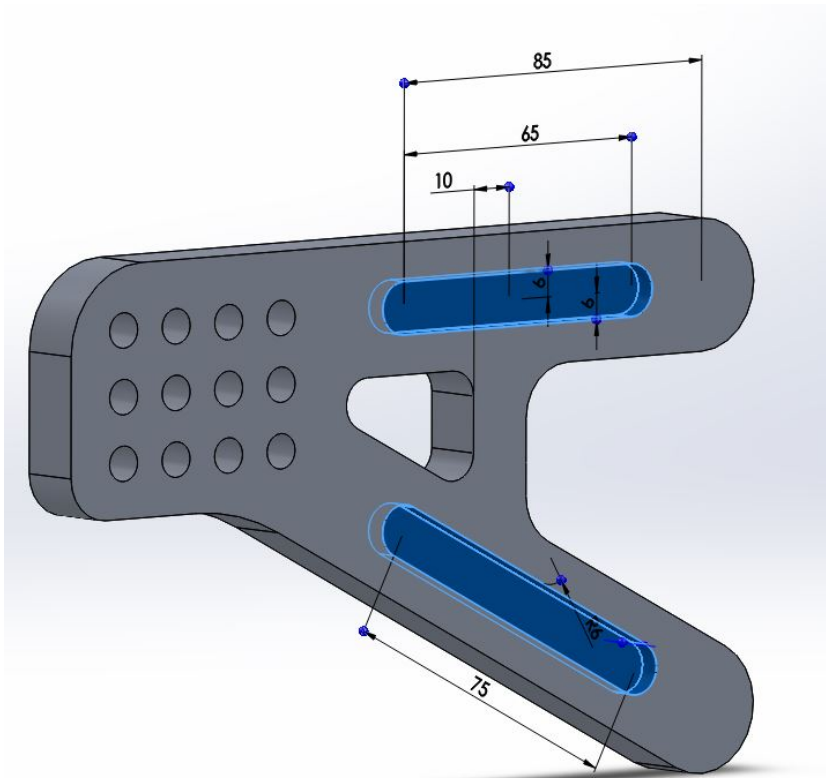


Figura 6.28. Vaciados. Plantilla estribera.

Por último, tan solo quedará el taladro de los dos orificios a través de los cuales se fijarán las estribas al chasis. Estos orificios serán de 8mm de diámetro.

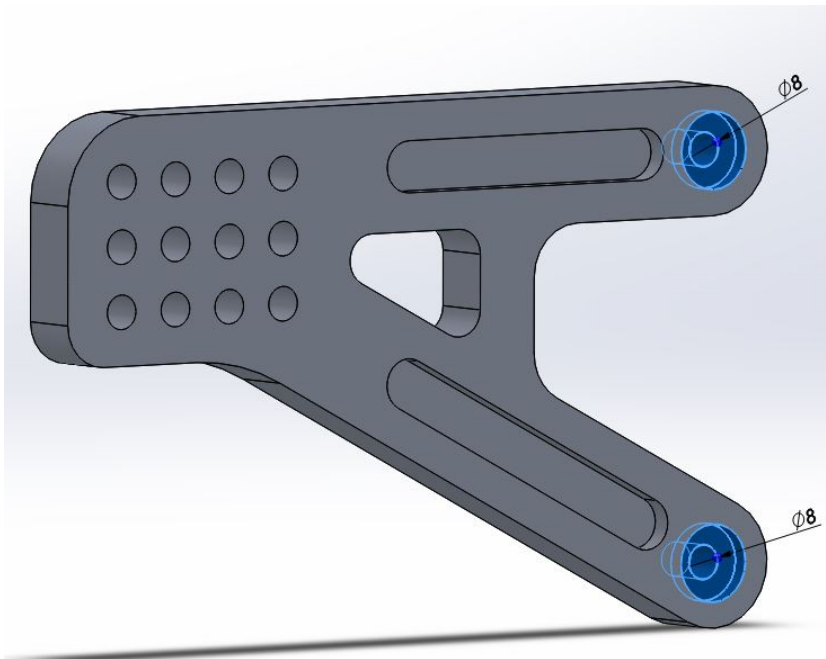


Figura 6.29. Taladros. Plantilla estribera.

6.3.2. Palanca

En el caso de la palanca, se partirá de un bloque de aluminio 7075- T6 de dimensiones 175x35x15 milímetros que deberá ser desbastado hasta los 7 milímetros.

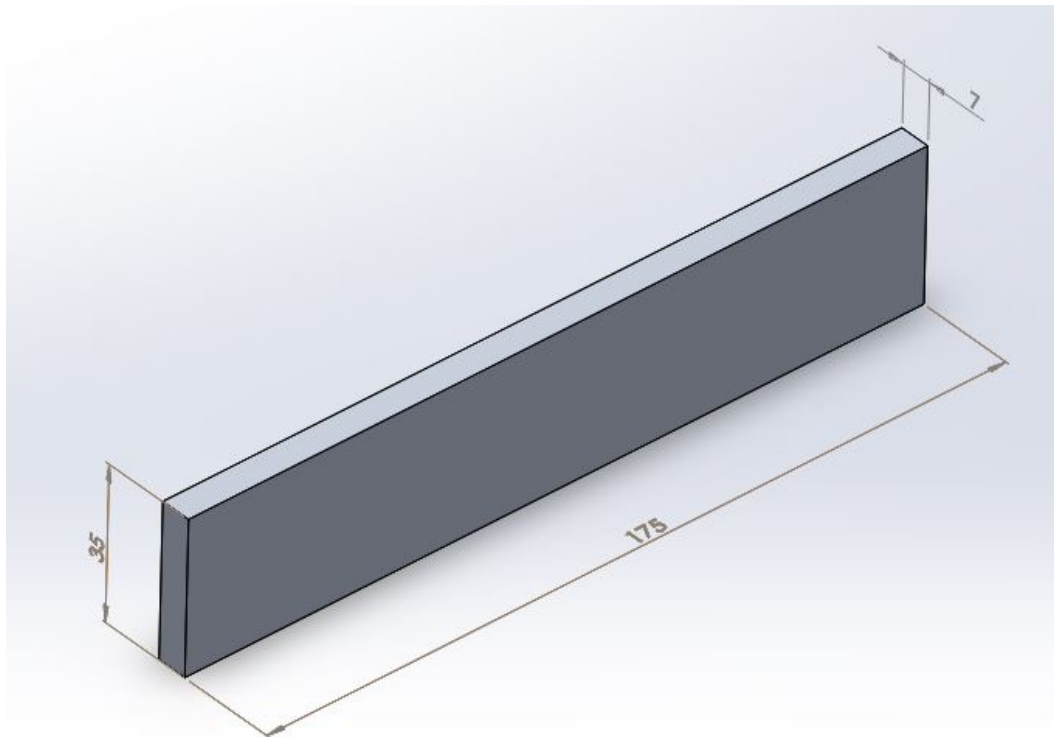


Figura 6.30. Bloque aluminio 7075-T6 para fabricación palanca estribera.

Nuevamente, el primer paso será el mecanizado mediante fresa de dicho bloque, con el fin de dar la forma general a la palanca. Esta palanca será la destinada al freno trasero (estribera derecha) o al cambio de marcha (estribera izquierda).

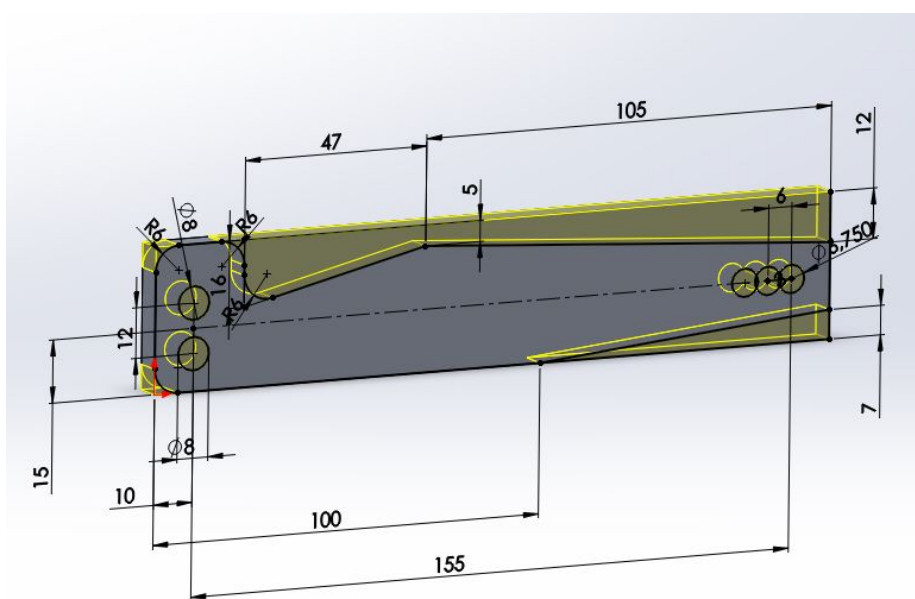


Figura 6.31. Primer mecanizado. Palanca estribera.

La imagen muestra a grandes rasgos las cotas que se seguirán para el mecanizado de la palanca. A pesar de esto, como ya se ha mencionado con la plantilla, en el Anexo 4 se recogerán la totalidad de los planos, en los que se detallarán y aclararán todas las dimensiones.

Al igual que con la plantilla, el siguiente paso será el vaciado central de la palanca, reduciendo enormemente el peso. De igual forma, se respetará un tirante de 6mm que aportará la resistencia necesaria.

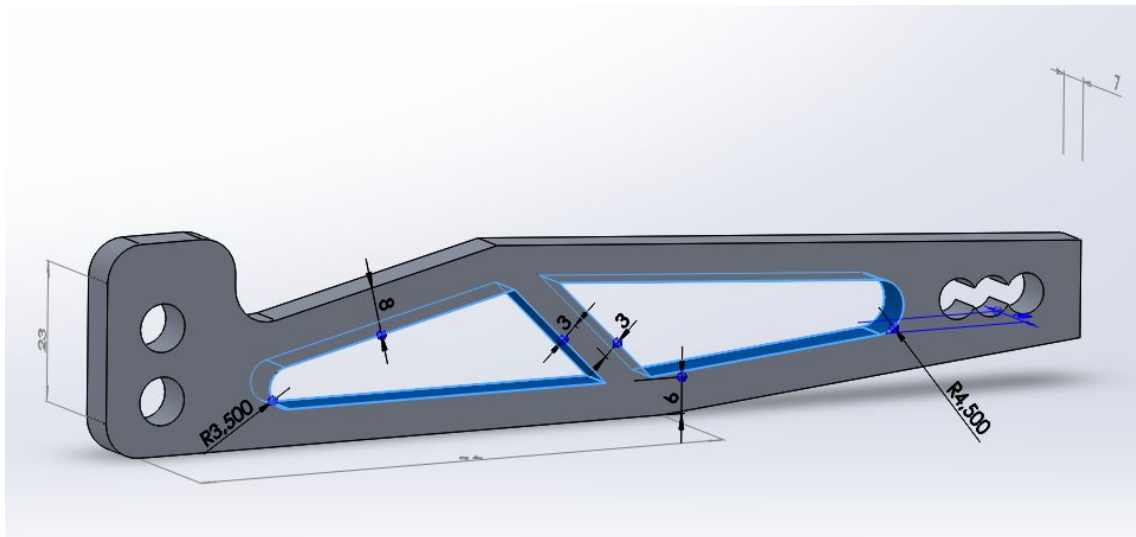


Figura 6.32. Vaciado central. Palanca estribera.

Por último se redondearán las esquinas para evitar heridas en el piloto durante la conducción o ante una posible caída. Estos redondeos serán de 4,5mm.

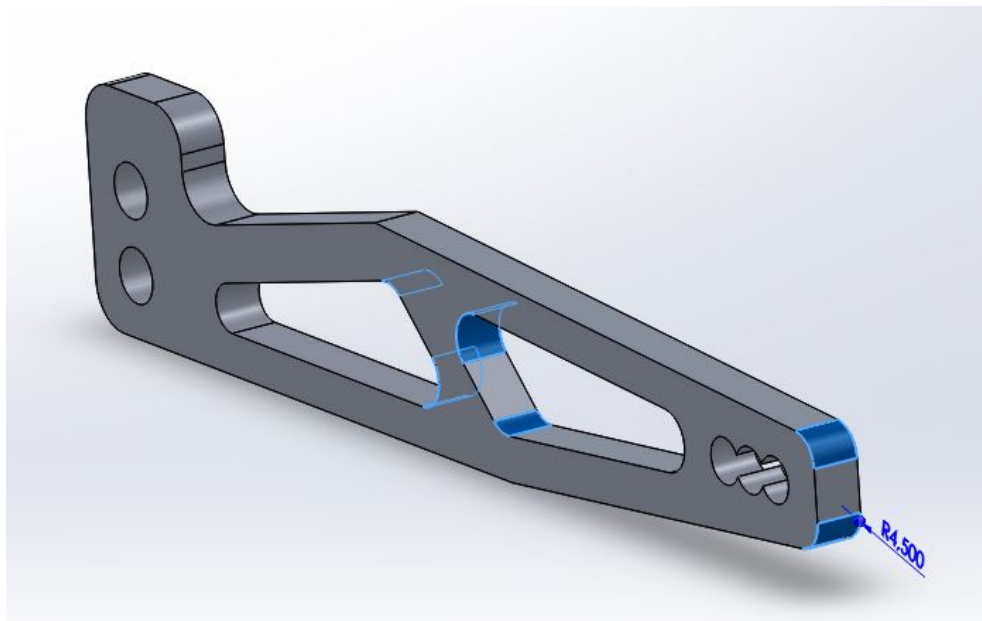


Figura 6.33. Redondeo de esquinas. Palanca estribera.

6.3.3. Estribo de talón

Para la fabricación del estribo sobre el que irá apoyado el talón del piloto, se partirá de un redondo de aluminio 7075-T6 de $\varnothing 23,5$ milímetros y 105mm de longitud. 25mm de este redondo serán desbastados hasta un $\varnothing 8$ milímetros, con el fin de encajarlo con la palanca y la plantilla de la estribera.

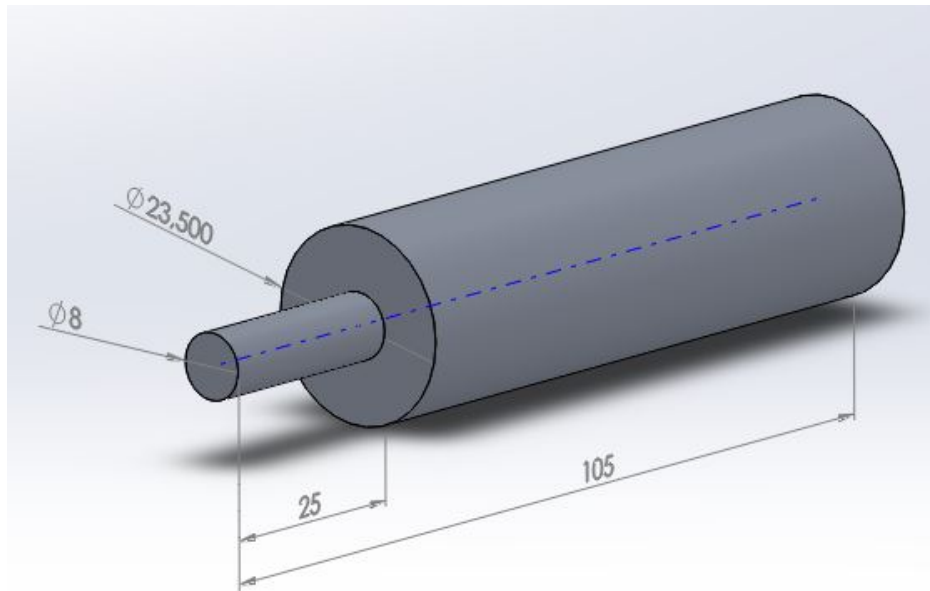


Figura 6.34. Redondo. Estribo talón estribera.

Seguidamente, a la zona de $\varnothing 23,5$ se le realizará un proceso de moleteado. De este modo la bota del piloto agarrará lo suficiente para evitar deslizamientos.

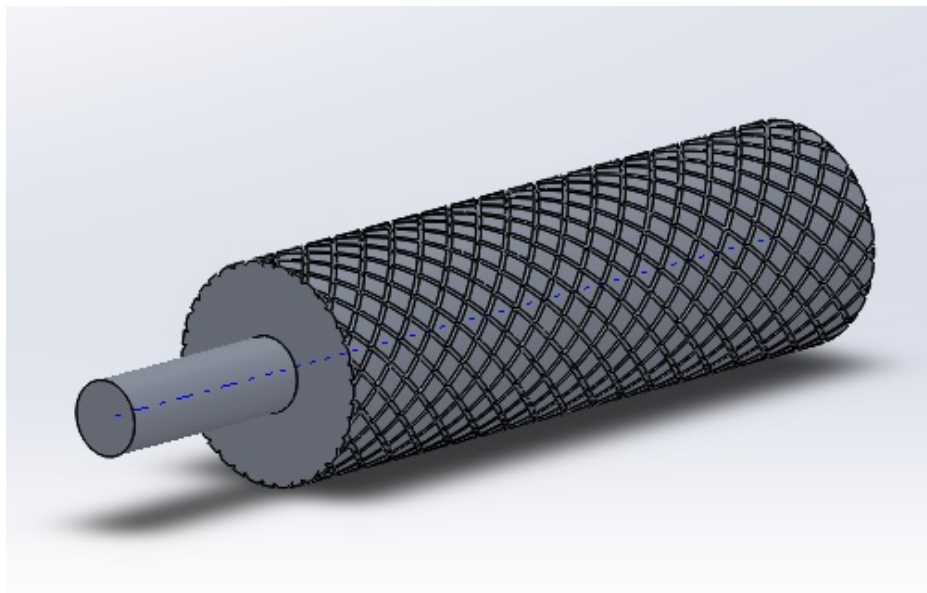


Figura 6.35. Moleteado. Estribo talón estribera.

Finalmente se le aplicará un chaflán de 1mm y 45° en el extremo de $\varnothing 8\text{mm}$, quedando el estribo de talón totalmente finalizado y listo para su ensamblaje con el resto de componentes de la estribera.

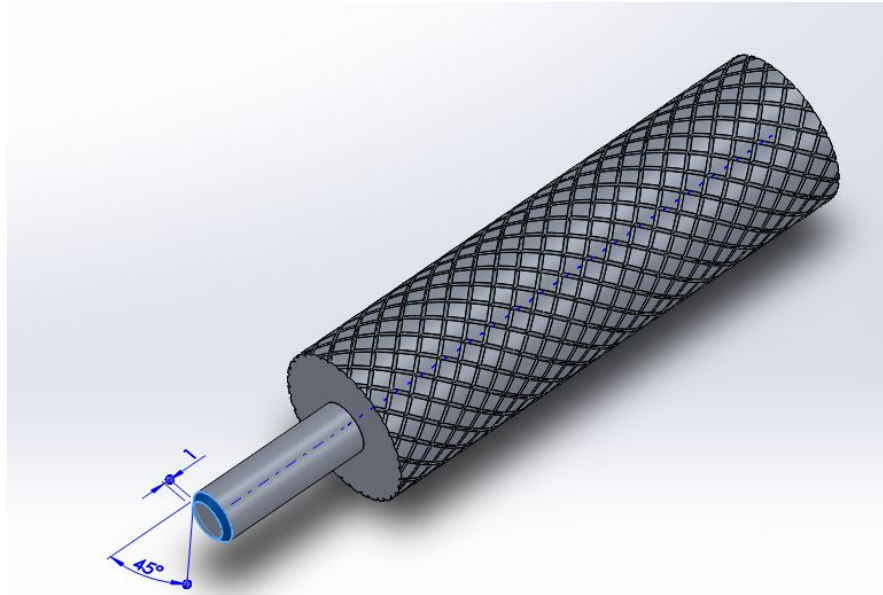


Figura 6.36. Chaflán. Estribo talón estribera.

6.3.4. Estribo de punta

En cuanto a la fabricación del estribo de punta, sobre el cual el piloto apoyará la punta del pie para accionar el freno trasero (estribera derecha) o cambiar de marcha (estribera izquierda), será análoga a la empleada para el estribo de talón.

En este caso el redondo será de $\varnothing 10$ y 40mm de longitud, mientras que el desbaste abarcará 10mm de longitud y será hasta un $\varnothing 6\text{mm}$.

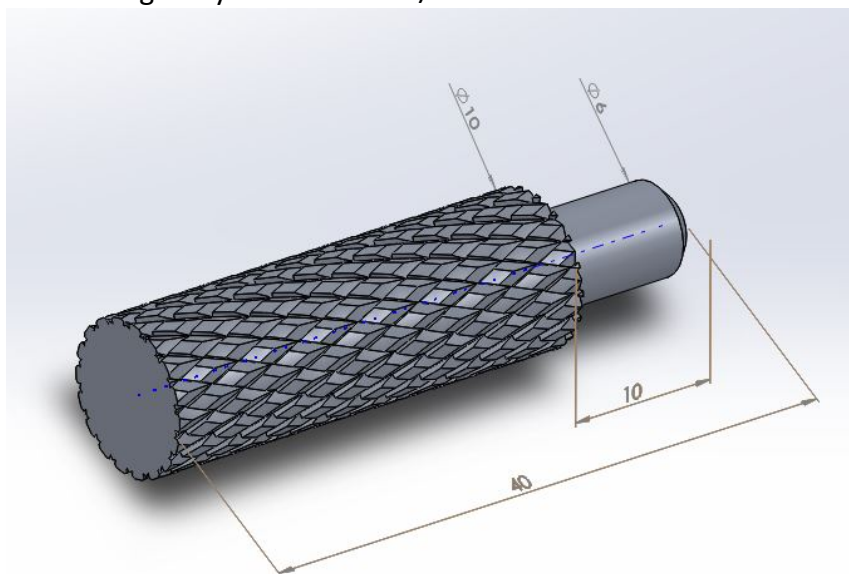


Figura 6.37. Redondo y moleteado. Estribo punta estribera.

El moleteado se realizará de igual forma que en el estribo de talón y se añadirá, también, un chaflán en el extremo de $\varnothing 6$. Dicho chaflán será de 1mm y 45° .

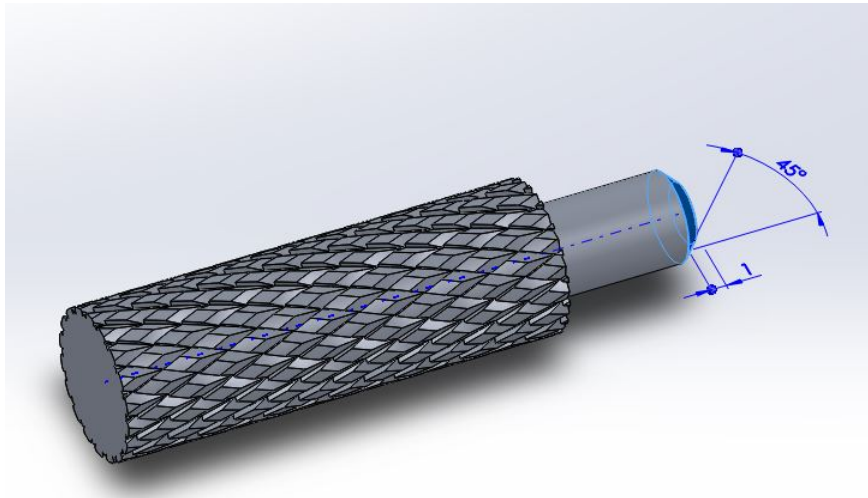


Figura 6.38. Chaflán. Estribo punta estribera.

6.3.5. Ensamblaje

Una vez mecanizados todos los componentes de la estribera se procederá a su ensamble. Dicho ensamble no contendrá ninguna unión soldada, sino que todo serán uniones atornilladas.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el diseño permitirá múltiples combinaciones de plantilla/palanca/estribos, las cuales se podrán realizar tan solo quitando los tornillos de unión y recolocándolos en su nueva ubicación.

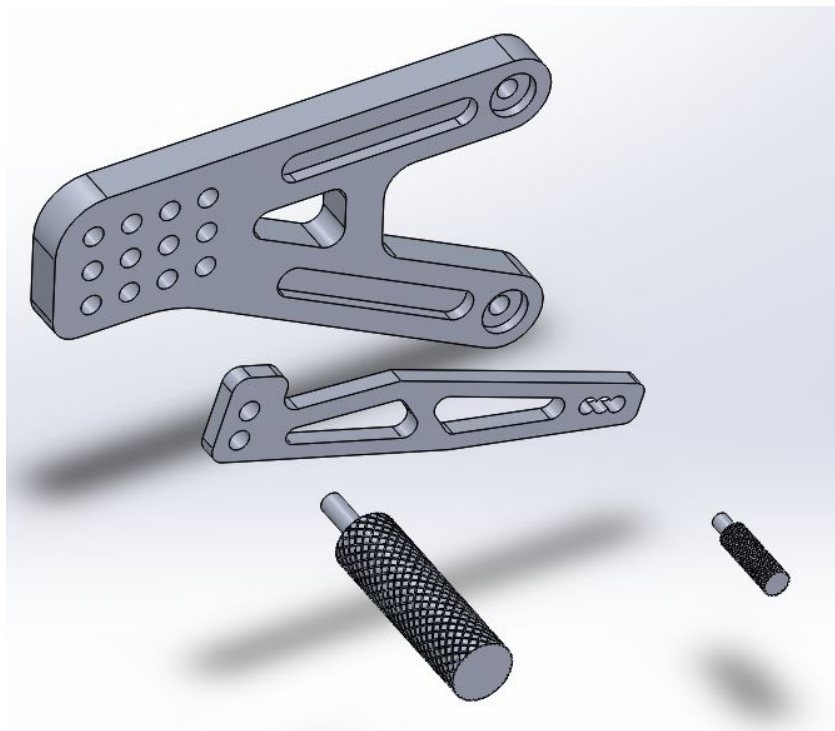


Figura 6.39. Ensamblaje estribera.

Por último, una vez ensamblados todos los componentes de las estriberas, se deberán ensamblar éstas al chasis. Dicho chasis contará con dos orificios destinados a su sujeción mediante tornillería.

Finalmente, una vez acopladas las estriberas, el ensamblaje presentará este aspecto.

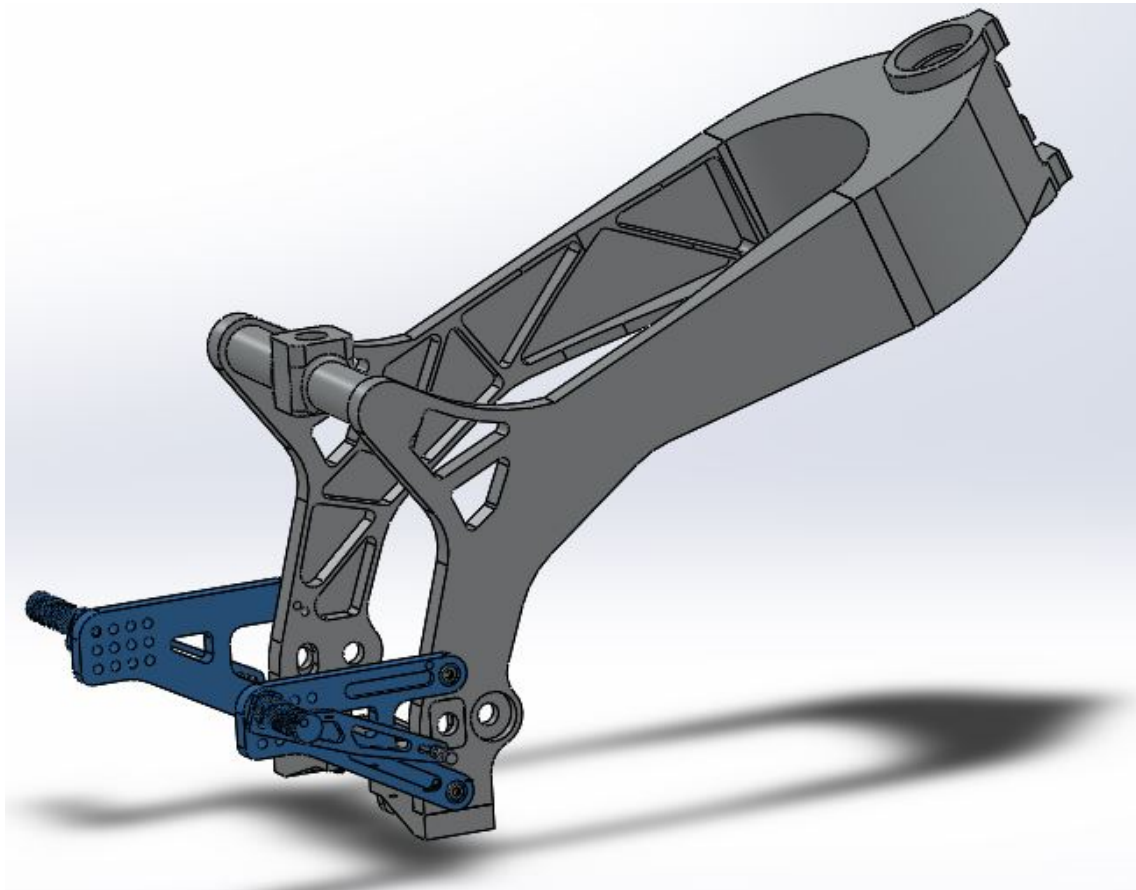


Figura 6.40. Ensamblaje estriberas con chasis.

7. TIJAS

El siguiente elemento auxiliar a diseñar será la tija. Ésta estará compuesta de una componente superior y uno inferior, así como del eje que las unirá.

La tija será el componente que conecte el chasis con el sistema de dirección. Esto será posible gracias a unos orificios que deberán ensamblar con las horquillas. A su vez, estas horquillas se moverán mediante la acción del piloto sobre los semimanillares. De este modo, el movimiento a través de las manos del piloto será transmitido a las horquillas que provocarán el giro de la rueda delantera.

Nuevamente, el primer paso a seguir deberá ser el análisis de esfuerzos a los que va a estar sometida la tija. Posteriormente, sabiendo que el material a emplear será de nuevo el aluminio 7075-T6, y en función de los esfuerzos calculados, se procederá a su diseño, análisis mediante elementos finitos y optimización. Finalmente se procederá a su fabricación.

7.1. Cálculo de esfuerzos

En el caso de las tijas, el cálculo de esfuerzos es algo más complejo, ya que no existe aplicación directa de una carga más allá que el peso parcial del chasis.

Sin embargo, se generarán unas tensiones derivadas del peso ejercido por el piloto sobre los semimanillares durante la fase de máxima frenada. Este peso se transmitirá a las horquillas, que a su vez lo transmitirán a las tijas.

Es por ello que la situación más desfavorable será ésta, no siendo necesario el cálculo del comportamiento de las tijas cuando éstas simplemente soportan parcialmente el peso del chasis.

Se estima que el peso ejercido por el piloto durante dicha fase de frenada máxima es de 15kg en cada semimanillar, formando además unos 20° con la horizontal. Dado que estos datos han sido obtenidos mediante estimaciones experimentales, se aplicará un *coeficiente de mayoración* de 2. De esta forma:

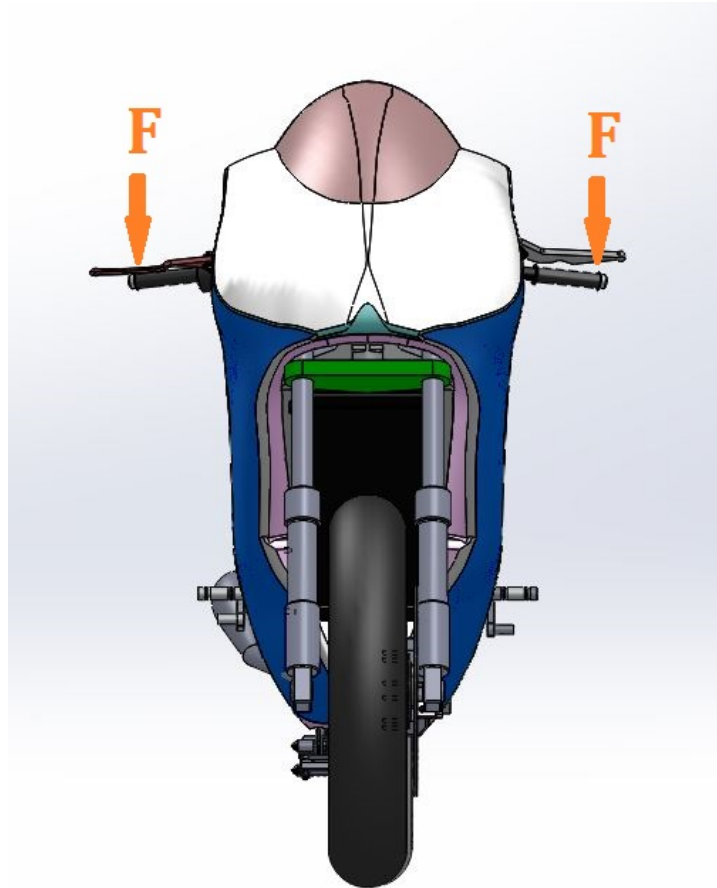


Figura 7.1. Análisis de esfuerzos.

$$F = 15\text{kg} \times 9.81 \times 2 \cong 295 \text{ N}$$

Esta fuerza de 295 N será aplicada en ambos semimanillares. La inclinación de dichos semimanillares provocará que estas fuerzas sean transmitidas a las tijas con un ángulo de 20°.

Para la realización de los posteriores análisis se deberá tener en cuenta esta circunstancia, ya que podrá afectar significativamente a los resultados obtenidos en ellos.

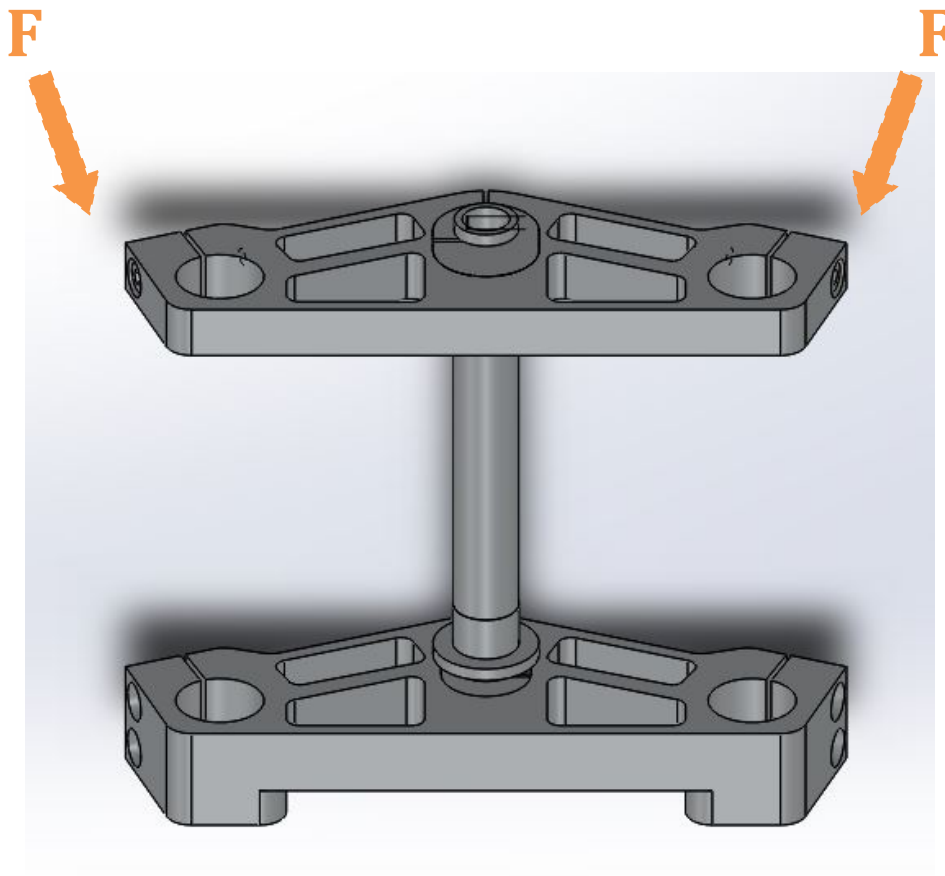


Figura 7.2. Análisis de esfuerzos. Fuerzas transmitidas a la tijá.

7.2. Diseño, análisis y optimización

El primer diseño realizado seguía la línea de las tijas fabricadas para la "II Competición Internacional MotoStudent". Este diseño presentaba unas líneas suaves, sin grandes relieves. Las tijas no presentaban vaciados, capacidad de adaptación, ni ningún otro elemento diferenciador.

Sin embargo dichas tijas eran ligeras y ofrecían unos resultados aceptables. Es por ello que se decidió analizar detalladamente su comportamiento, sopesando la opción de realizar un diseño similar.

Nuevamente los objetivos eran la reducción de peso y la resistencia estructural del componente, por lo que serán los aspectos a los que se deberá prestar especial atención tras realizar los análisis de tensiones y deformaciones correspondientes mediante elementos finitos.

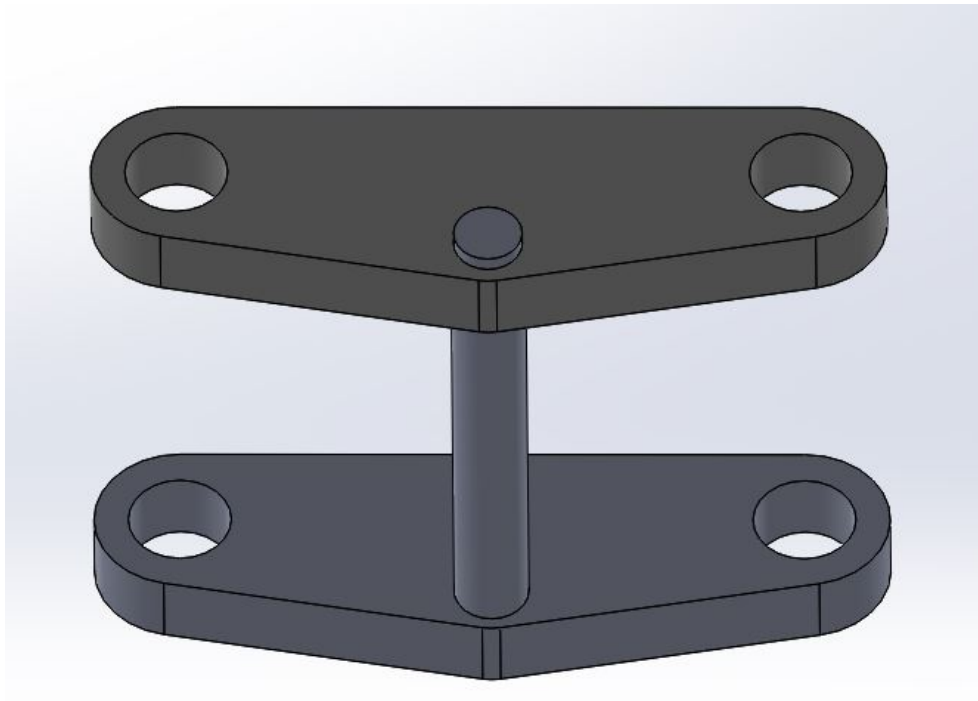


Figura 7.3. Diseño preliminar

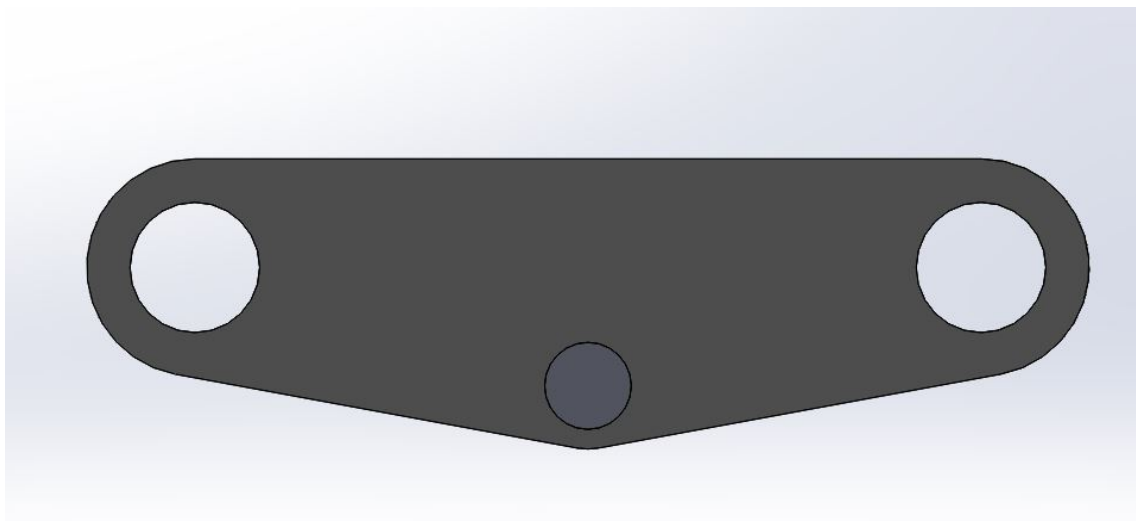


Figura 7.4. Diseño preliminar. Vista superior.

El único aspecto a remarcar de este diseño preliminar son los orificios destinados a alojar las horquillas. El diámetro de estos dependerá de las horquillas suministradas por la organización, siendo en este caso de 33 milímetros.

Una vez finalizado el diseño se dispondrá a realizar los análisis correspondientes a dicho diseño.

Análogamente al proceso seguido para las estriberas, el primer paso será el mallado y determinación de las condiciones de contorno que regirán el estudio. En este caso, al ser el componente de mayores dimensiones, el mallado se realizará cada 8mm, aportando gran precisión a los resultados obtenidos.

En cuanto a las restricciones, la tija se fijará a través del eje que une la parte superior e inferior, ya que será éste el que vaya fijado en el interior de la pipa de dirección del chasis.

Para mayor fiabilidad del estudio se incluirán en los análisis los semimanillares, en los cuales serán aplicadas las cargas definidas anteriormente, de 295N.

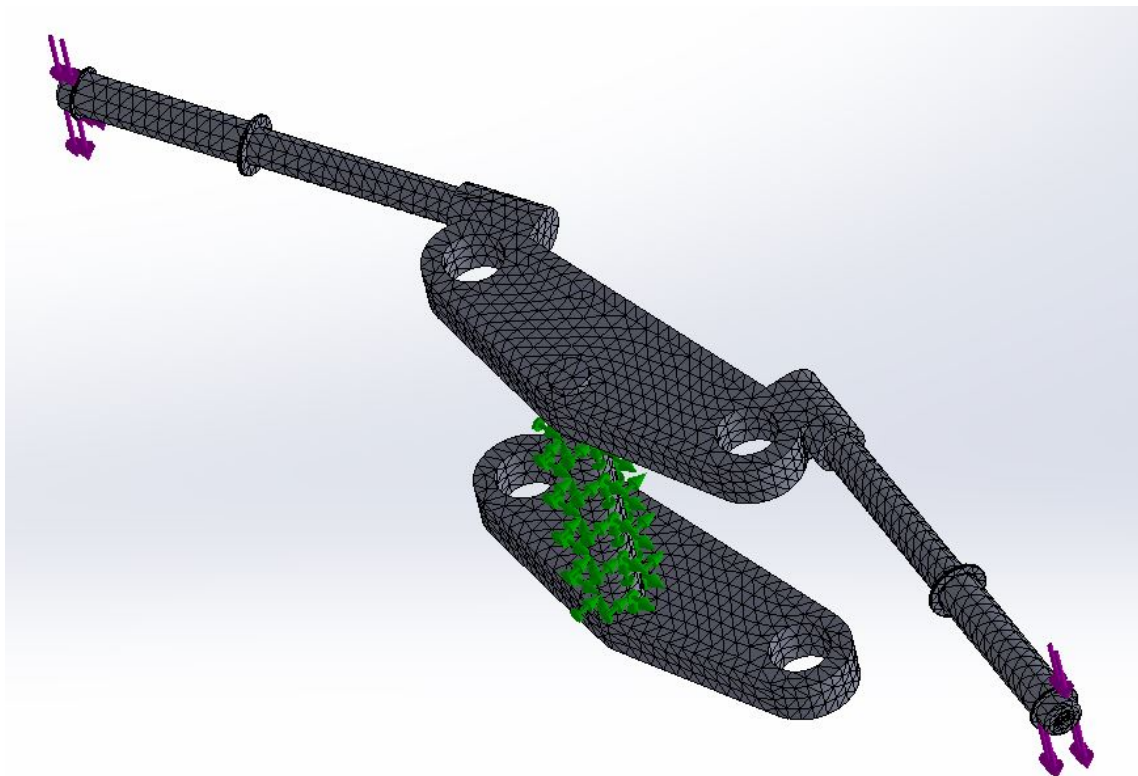


Figura 7.5. Diseño preliminar. Mallado y cargas aplicadas.

Una vez definido el material, así como las condiciones de contorno y realizado el mallado del componente se procederá a su análisis por elementos finitos, a fin de decidir si el diseño se puede optimizar.

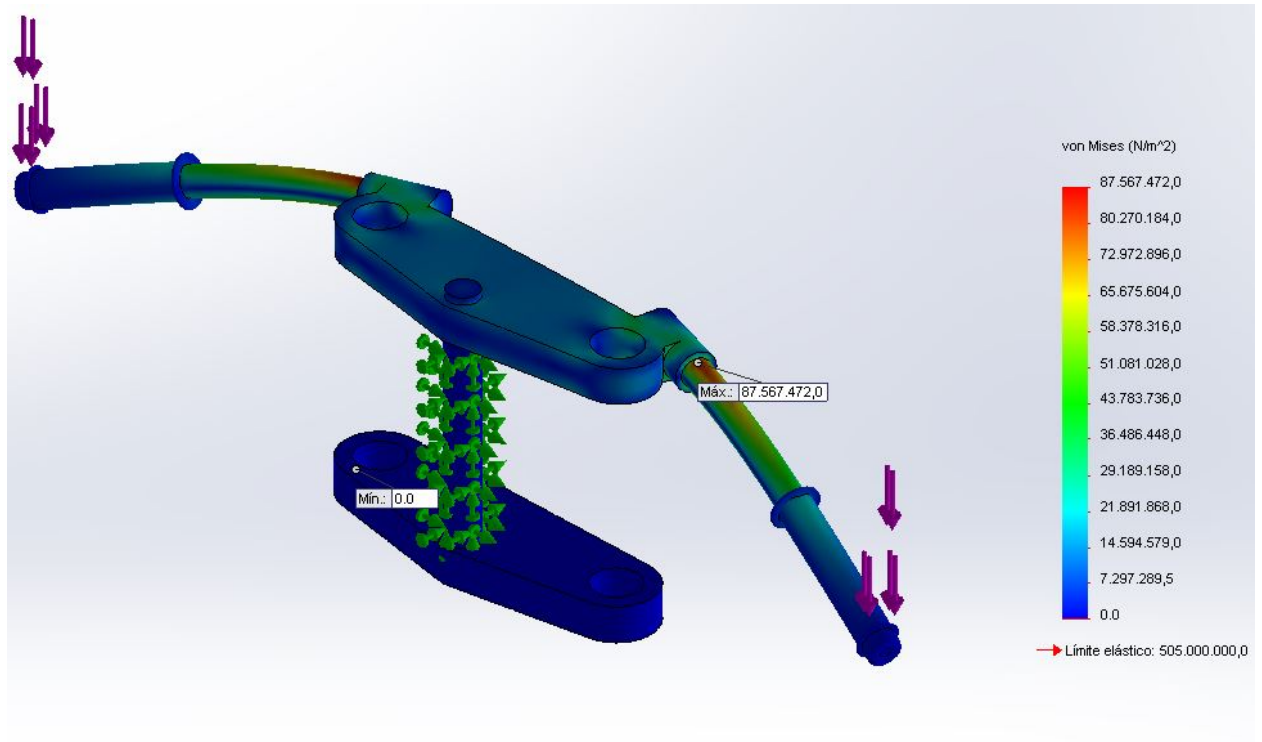


Figura 7.6. Análisis diseño preliminar. Tensiones.

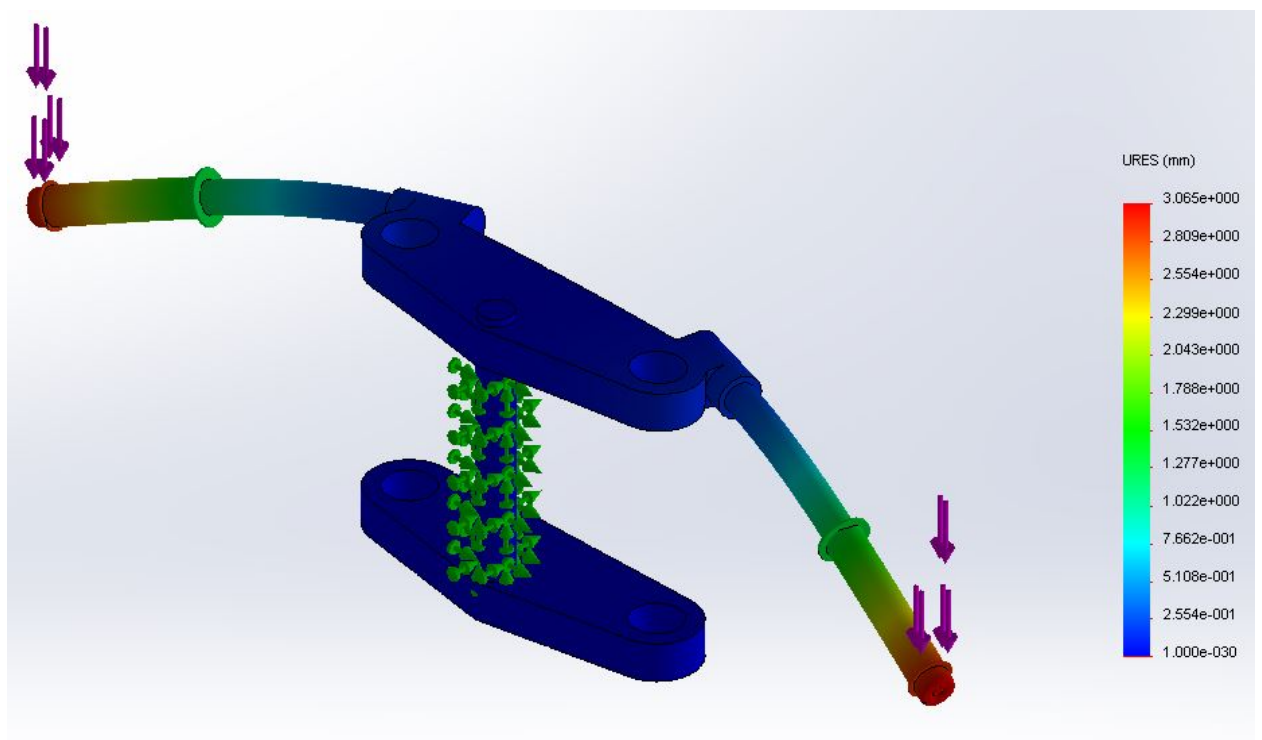


Figura 7.7. Análisis diseño preliminar. Deformaciones.

En la observación y evaluación de los análisis realizados se obviarán las tensiones o deformaciones generadas en la zona de los semimanillares, ya que estos no son objeto de estudio en este momento.

Por lo tanto, fijando la atención únicamente las tijas, se observa que las tensiones generadas en dicho componente, así como las deformaciones que éstas provocan son prácticamente nulas. Apenas se generan unos 30 MPa en la tija superior, produciéndose una deformación despreciable de 0,01mm.

Estos datos obtenidos denotan que el diseño está tremendamente sobredimensionado, siendo objeto de múltiples modificaciones y optimizaciones.

Dichas modificaciones estarán enfocadas a la reducción drástica de peso, que en estos momentos se sitúa en 1,9kg, y a la obtención de cierta flexibilidad y capacidad de adaptación. En definitiva se buscará un diseño innovador.

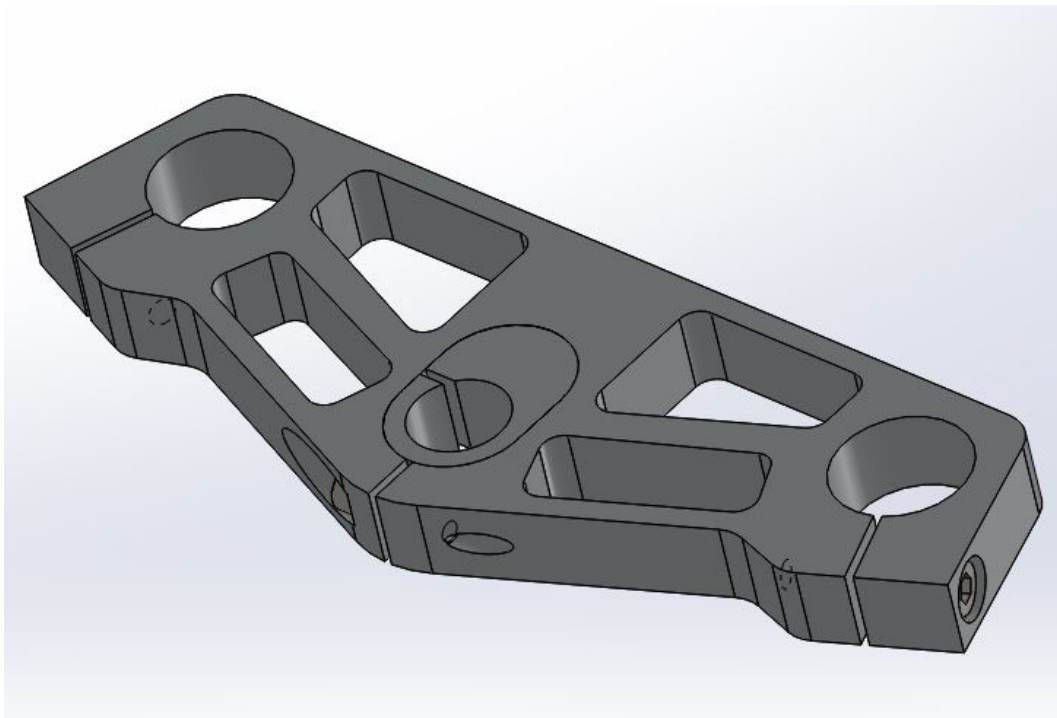


Figura 7.8. Diseño definitivo. Tija superior.

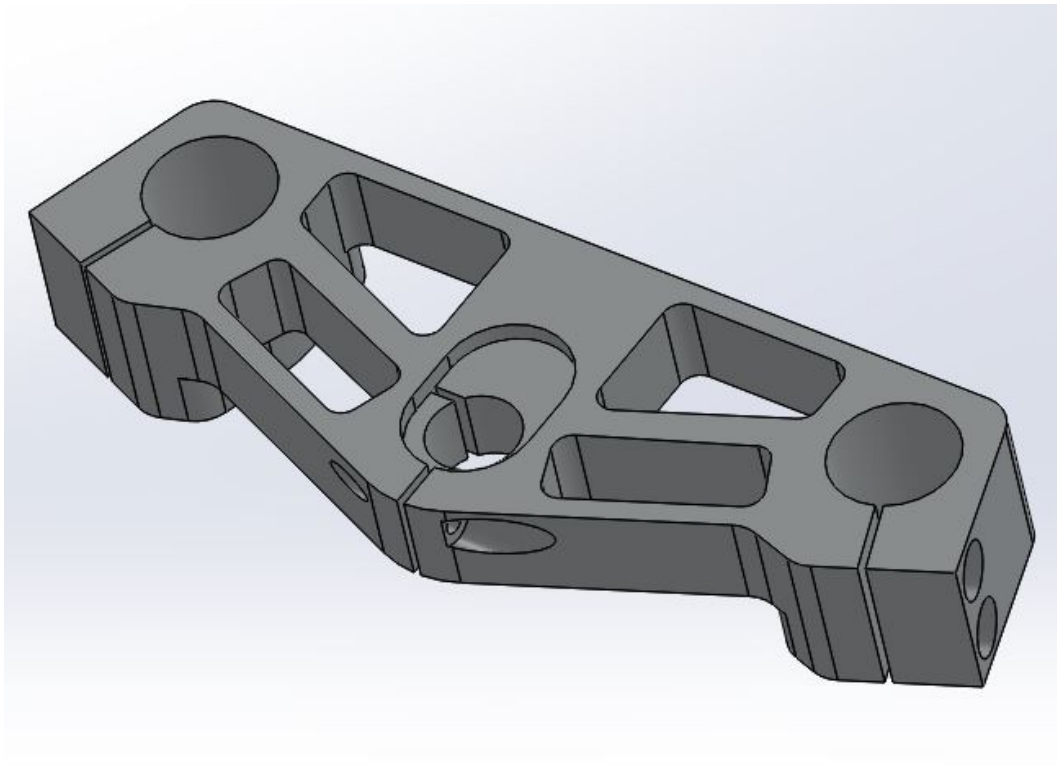


Figura 7.9. Diseño definitivo. Tija inferior.

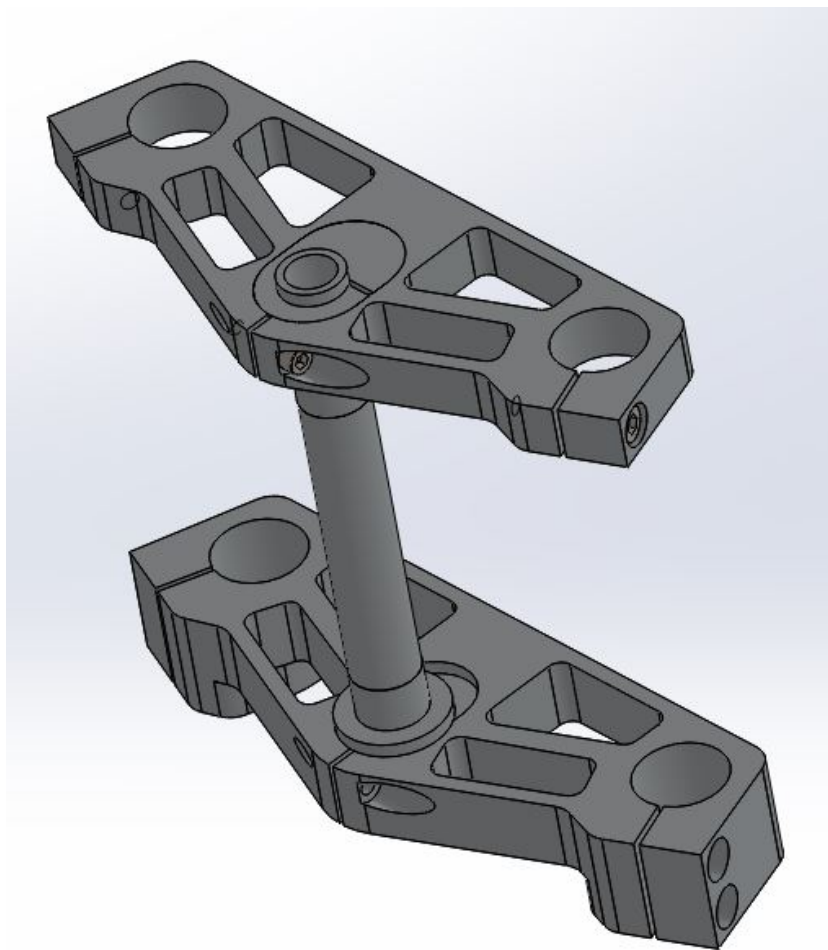


Figura 7.10. Diseño definitivo. Ensamblaje.

Las imágenes muestran el aspecto que presentan tanto la tija inferior como la superior, así como el ensamblaje de estas a través del eje que las une. Dicho eje estará alojado en el interior de la pipa de dirección del chasis y, a través de unos rodamientos, provocará el giro de la dirección.

Los diseños muestran los resultados de los objetivos previamente impuestos: reducción de peso e innovación.

La reducción de peso se ha conseguido a través de los numerosos vaciados que conforman las tijas, siendo ahora de 1,4 kg. Teniendo en cuenta que el espesor de las tijas ronda los 25mm, estos vaciados suponen un gran ahorro de peso. Los orificios que alojarán las horquillas se han vuelto a diseñar acorde al diámetro de éstas, proporcionadas por la organización de la “III Competición Internacional MotoStudent”. Además, esta zona ha sido reforzada en la tija inferior, pasando a tener un espesor de 40mm en lugar de los 25mm del resto de la tija.

Por otro lado, en la búsqueda de la innovación se ha incluido un componente novedoso. Se trata del óvalo introducido en el lugar en el cual el eje ensambla con ambas tijas. Este óvalo posee una circunferencia excéntrica que será la encargada de alojar el eje. El hecho de que dicha circunferencia sea excéntrica supone la existencia de dos posiciones diferentes, es decir, el óvalo puede ser extraído y colocado al revés, de forma que la circunferencia quedaría arriba o abajo.

Esto supondría un cambio en los grados de inclinación del eje y, por tanto, del chasis. En definitiva, se consigue un cambio en el ángulo de lanzamiento de la motocicleta, llevando consigo un cambio en el avance y en la distancia entre ejes. La posibilidad de variar estos aspectos geométricos tan importantes -explicados con más detenimiento en el *Anexo 2*- supone un enorme avance en la capacidad de puesta a punto de la motocicleta, pudiendo adaptarse a diferentes circuitos, pilotos y circunstancias.

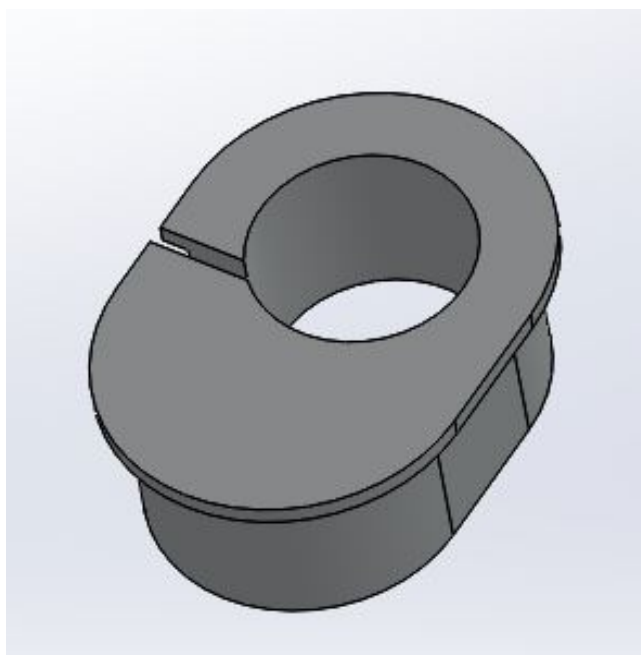


Figura 7.11. Diseño definitivo. Óvalo.

Otra modificación importante introducida es el no contacto directo entre semimanillares y tijas. En el diseño preliminar, los semimanillares ensamblaban directamente sobre las tijas, transmitiendo los esfuerzos que se generaban. En este nuevo diseño no existe tal acople, por lo que los semimanillares deberán ensamblar con las horquillas, produciéndose una mayor transmisión de esfuerzos.

Con las novedades introducidas se han conseguido grandes avances innovadores, dotando a la motocicleta de múltiples configuraciones y reduciendo su peso, sin embargo se debe comprobar que dicho diseño es viable.

Por ello, tras realizar todas estas modificaciones con el fin de optimizar el diseño, se debe analizar si dicho diseño es capaz de soportar las tensiones que se generen y evaluar el comportamiento que ofrece.

Para ello se repetirán los análisis realizados al diseño preliminar, aplicando las cargas de 295 N en ambos semimanillares y fijando la tija, nuevamente, a través del eje. Para este análisis se mantendrán también las horquillas, ya que en este diseño de tijas las tensiones se transmiten a través de dichas horquillas.

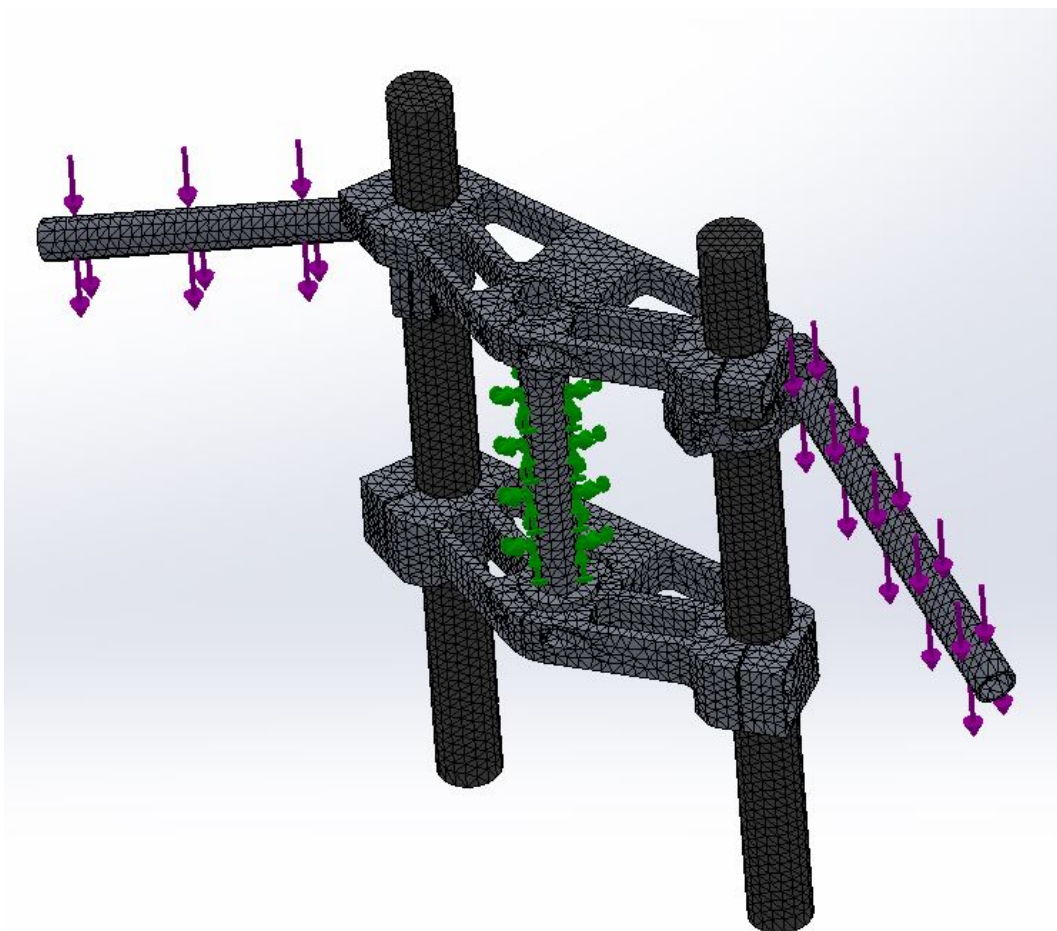


Figura 7.12. Diseño definitivo. Mallado y cargas aplicadas.

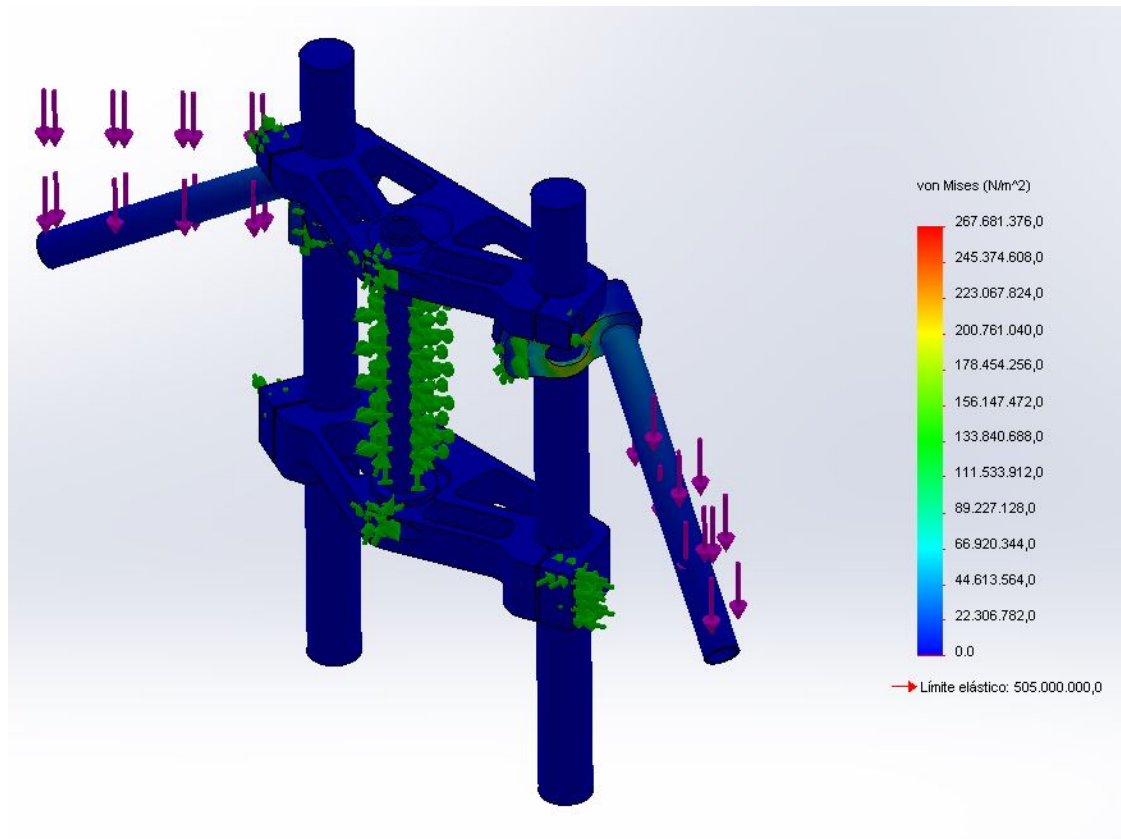


Figura 7.13. Diseño definitivo. Tensiones.

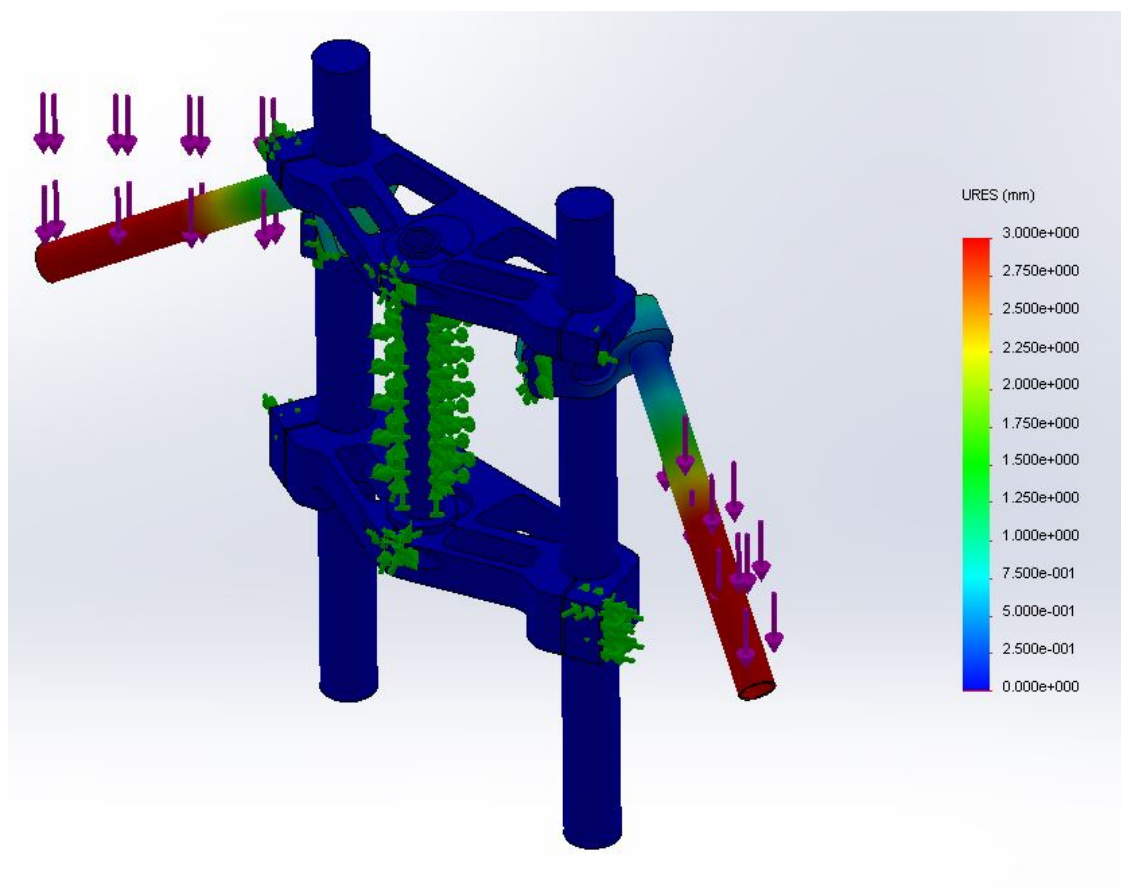


Figura 7.14. Diseño definitivo. Deformaciones.

Evidentemente, se obviarán los resultados obtenidos en los semimanillares, ya que estos serán analizados más adelante.

En cuanto a la tija se observa que el valor máximo de tensión sigue rondando los 30MPa, al igual que en el diseño preliminar. Esto se debe a que, a pesar de haber aligerado el componente, al incidir la fuerza a través de las horquillas y no directamente, su efecto se reduce. Esto desemboca en la posibilidad de reducir el peso sin sacrificar el comportamiento estructural.

Análogamente ocurre en el caso de las deformaciones. Éstas siguen siendo insignificantes, apenas 0,01mm, por lo que se pueden despreciar.

Todo esto lleva a la conclusión de que el componente se ha conseguido optimizar. No solo se ha conseguido reducir su peso en 0,5kg, sino que además se han añadido nuevas características innovadoras que dotan a la tija de una enorme capacidad de adaptación, teniendo ésta una gran influencia en el comportamiento final de la motocicleta.

7.3. Proceso de fabricación

Durante el proceso de fabricación se diferenciará entre tija superior, tija inferior, eje e incluso el óvalo que aporta la capacidad de adaptación, que se deberá fabricar por separado y posteriormente ensamblar en ambas tijas.

Para la fabricación de todos estos componentes, como ya se comentó en el capítulo de elección del material, se usará el mismo aluminio 7075-T6.

7.3.1. Tija superior

Para la fabricación de la parte superior de la tija se partirá de un bloque de aluminio 7075-T6 de dimensiones 275x90x20 milímetros.

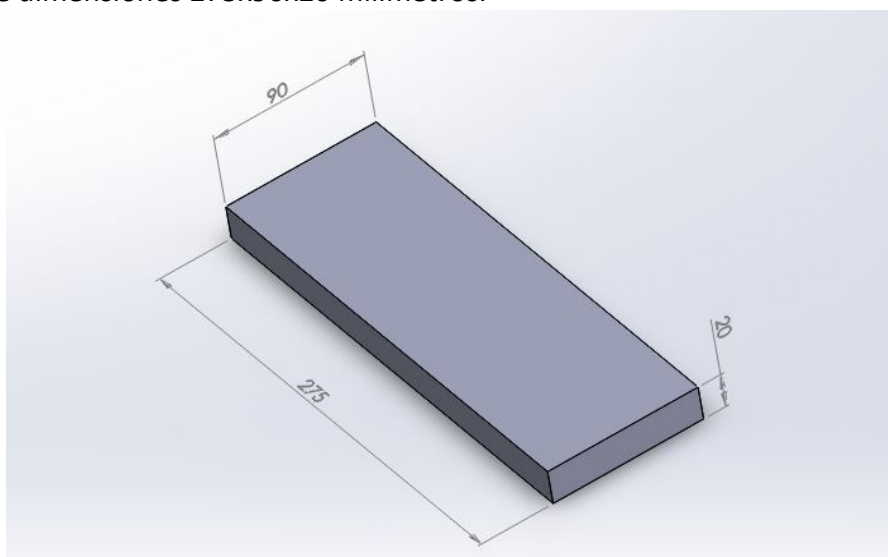


Figura 7.15. Fabricación tija superior. Bloque aluminio 7075-T6.

Este bloque será mecanizado mediante fresado hasta obtener la forma general deseada. Todas las cotas necesarias para el mecanizado serán proporcionadas a través de los planos suministrados a los operarios. Dichos planos se encuentran en el Anexo 4.

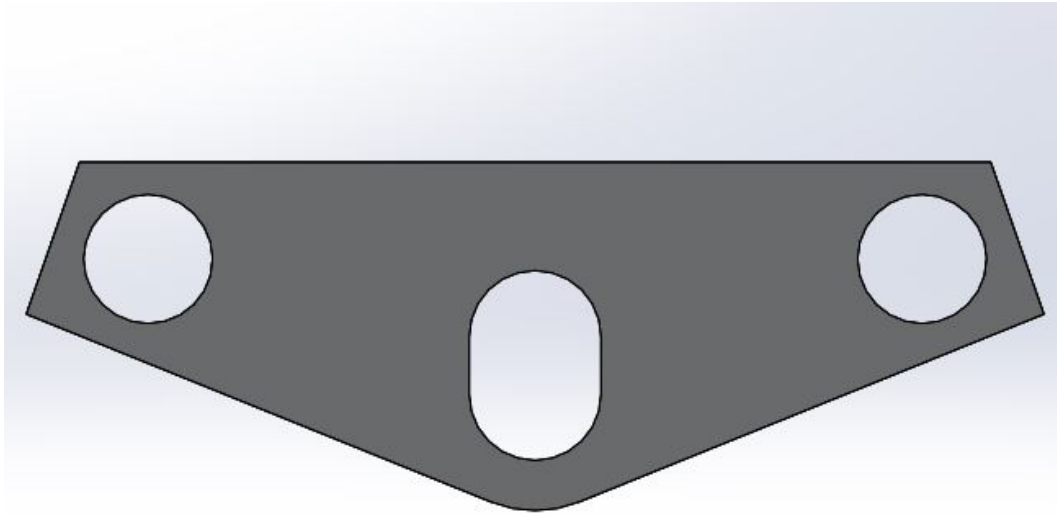


Figura 7.16. Fabricación tija superior. Forma general.

El siguiente paso será el fresado de los cuatro vaciados, los cuales provocarán una gran reducción de peso en la tija y un aspecto más atractivo estéticamente.

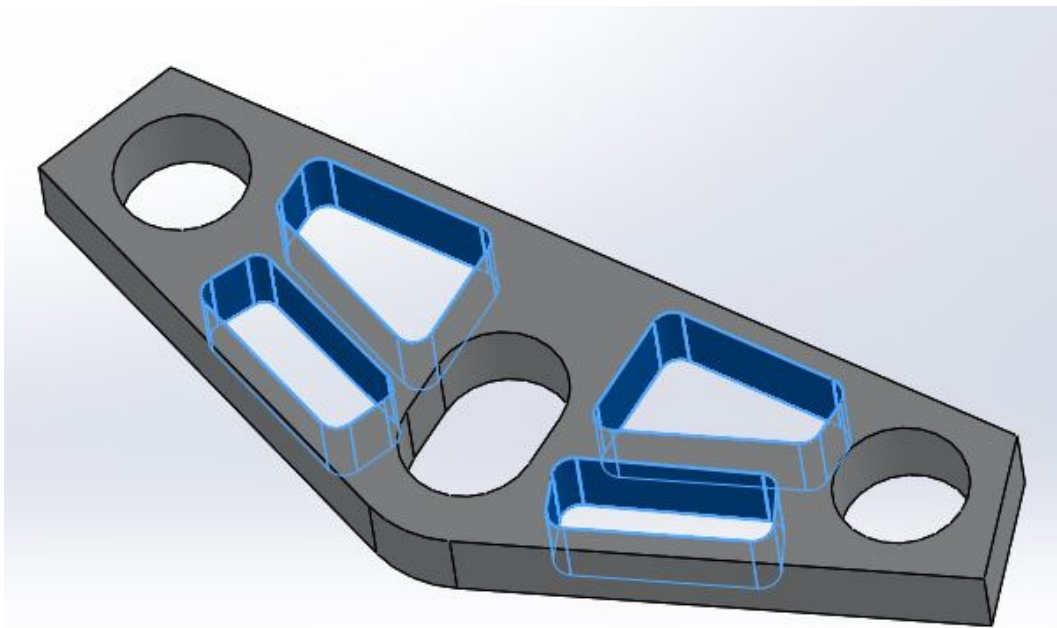


Figura 7.17. Fabricación tija superior. Vaciados.

Una vez realizados estos vaciados se está en disposición de crear los tres cortes y los tres taladros que alojarán los tornillos de ajuste. Estos tornillos serán los encargados de abrir o cerrar los alojamientos de las horquillas y el eje, permitiendo el desmontaje y montaje de la tija al resto de componentes de la motocicleta.

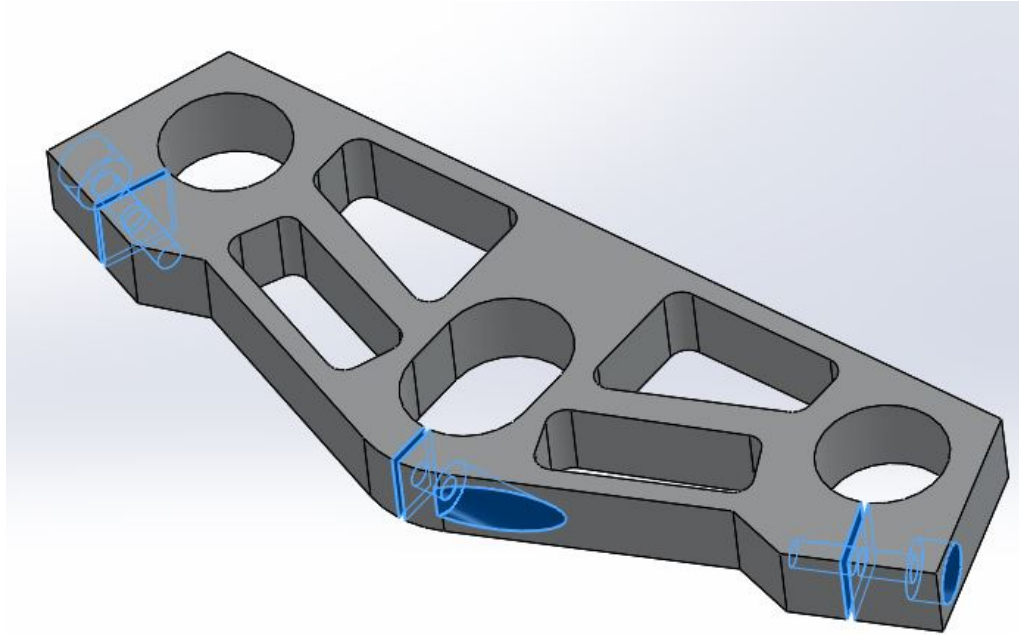


Figura 7.18. Fabricación tija superior. Taladros para ajuste.

Por último se procederá a redondear las esquinas de la tija, dándole un mejor aspecto y evitando posibles cortes al piloto y mecánicos. Por otro lado, se mecanizará una pequeña pestaña en el orificio destinado al óvalo, permitiendo un buen acople entre dicho óvalo y la tija.

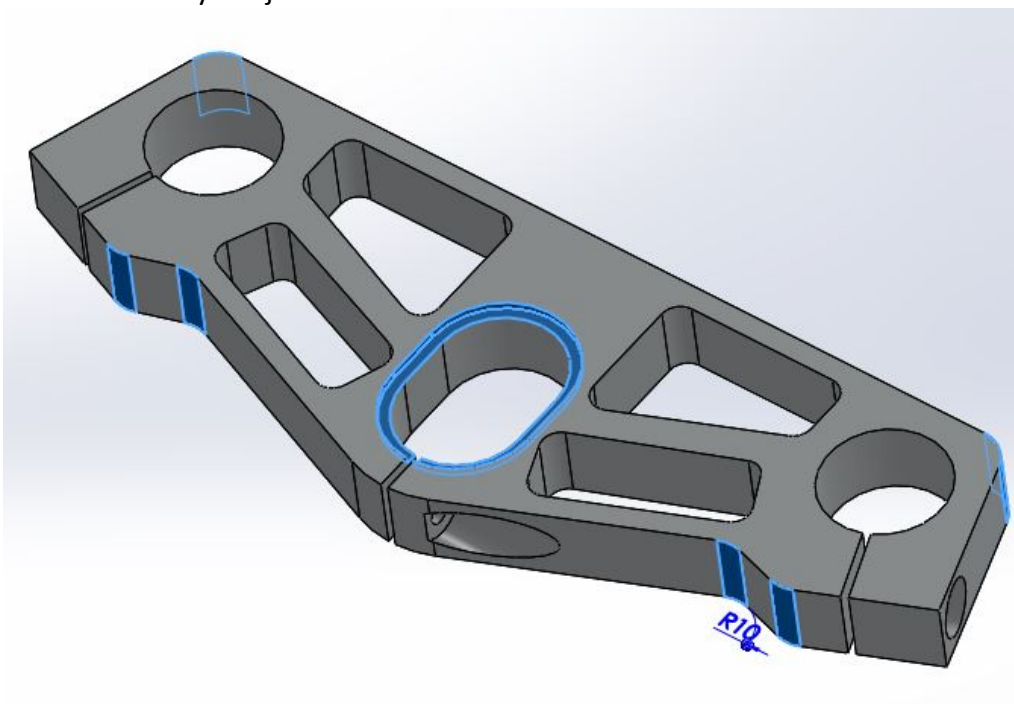


Figura 7.19. Fabricación tija superior. Redondeos y pestaña para óvalo.

7.3.2. Tija inferior

Análogamente a como ocurría con la tija superior, la fabricación de la tija inferior comenzará con un bloque de aluminio 7075-T6 de dimensiones 275x90, sin embargo en este caso el espesor será de 40 milímetros.

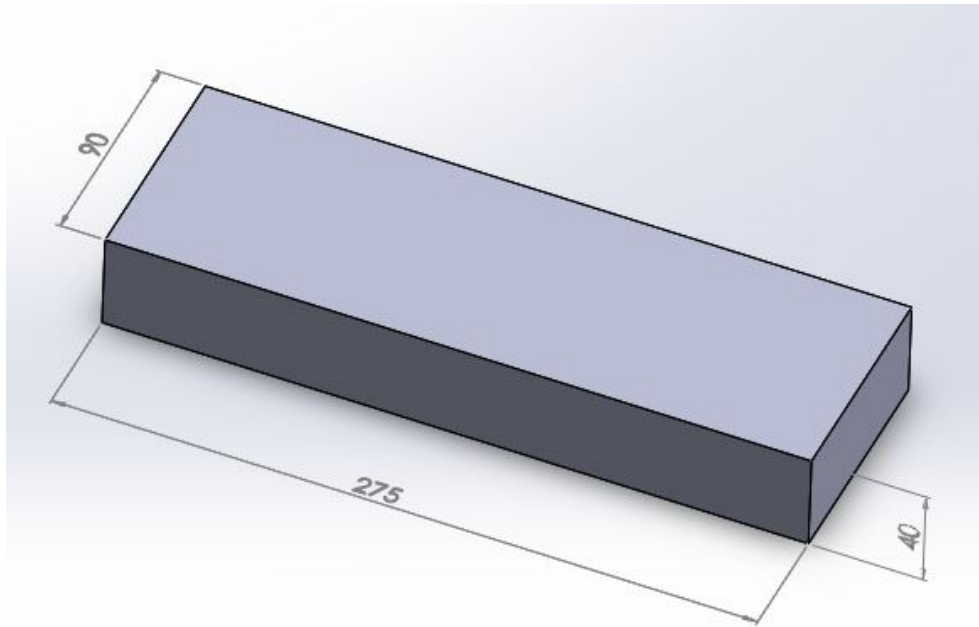


Figura 7.20. Fabricación tija inferior. Bloque de aluminio 7075-T6.

El primer mecanizado irá destinado nuevamente a dar la forma general a la tija. Fresando los orificios que alojarán las horquillas y el eje.

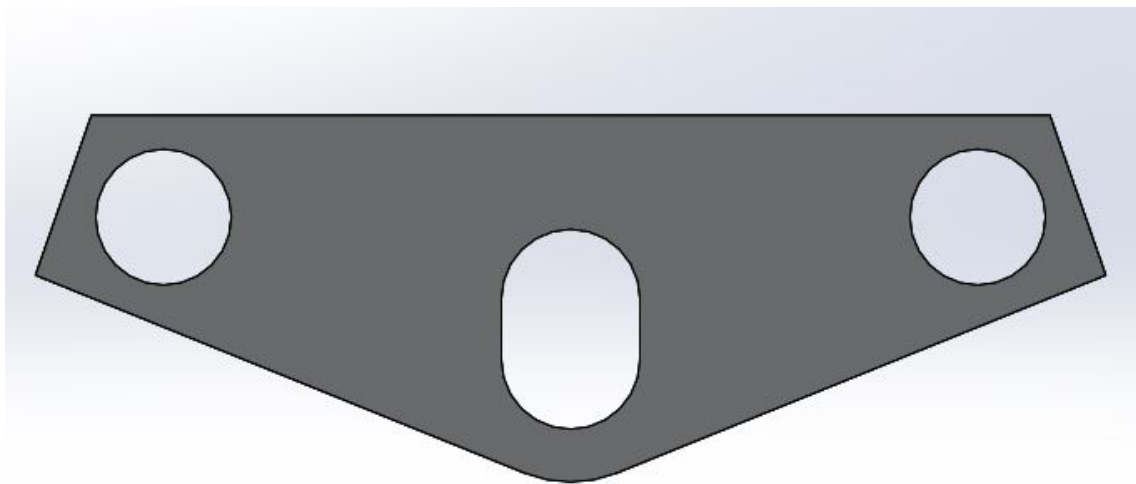


Figura 7.21. Fabricación tija inferior. Forma general.

Posteriormente se mecanizarán los vaciados centrales, los cuales provocarán, al igual que en la tija superior, la reducción de peso del componente.

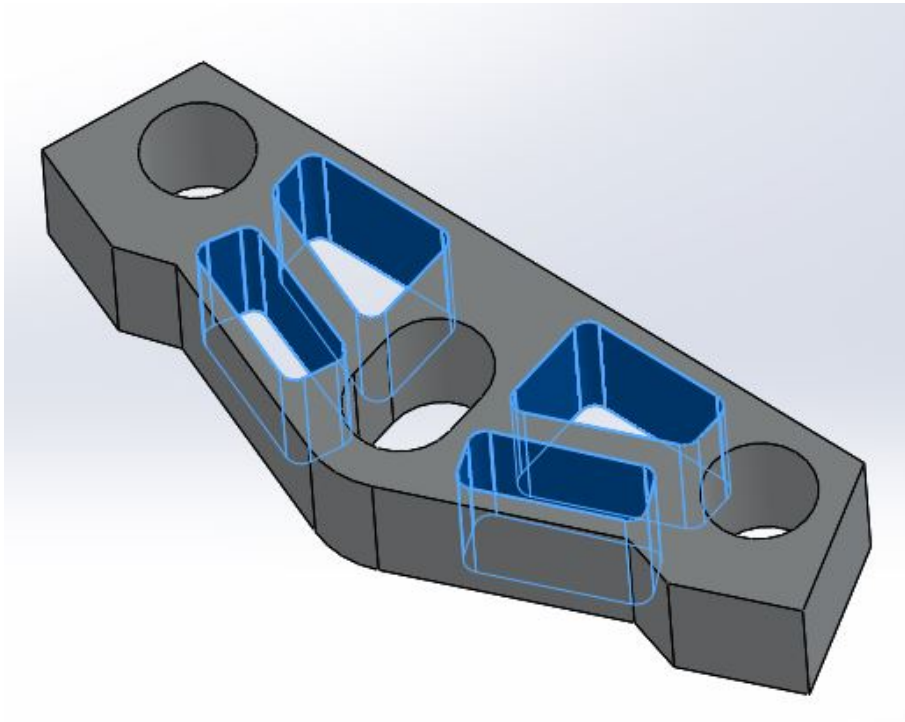


Figura 7.22. Fabricación tija inferior. Vaciados.

Seguidamente se mecanizarán los cortes y taladros que permitirán el ajuste del apriete de la tija con las horquillas. En este caso cada orificio se podrá ajustar mediante dos tornillos, ya que el espesor de la tija en esta zona será mayor.

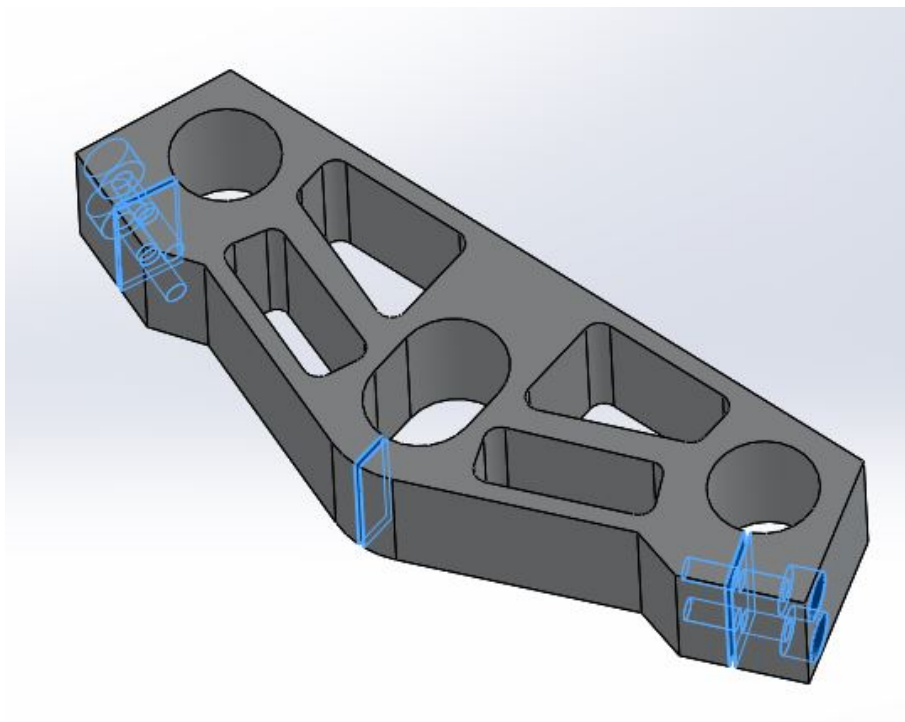


Figura 7.23. Fabricación tija inferior. Taladros para ajuste.

El siguiente paso será uno de los más importantes, ya que se trata del desbaste de 15mm de la zona inferior, dejando la zona central de la tija en 25mm de espesor por los 40mm que tendrá la zona que ensamble con las horquillas.

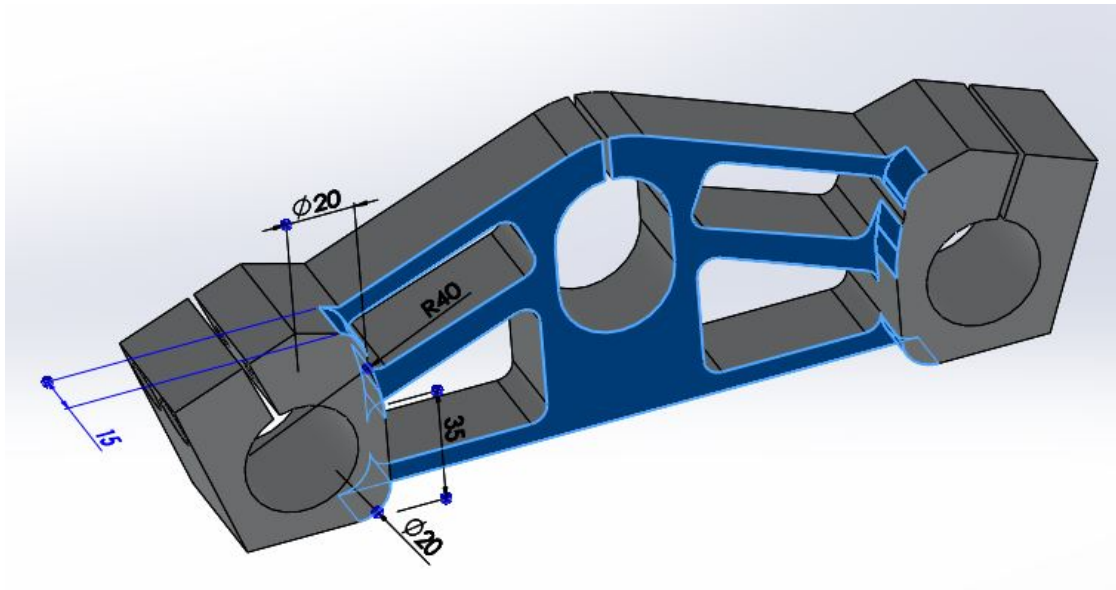


Figura 7.24. Fabricación tija inferior. Taladros para ajuste.

Por último se procederá a redondear las esquinas de la tija, evitando aristas vivas, así como a mecanizar la pestaña que facilite el ensamblaje del óvalo a la tija, en este caso por la parte inferior de ésta.

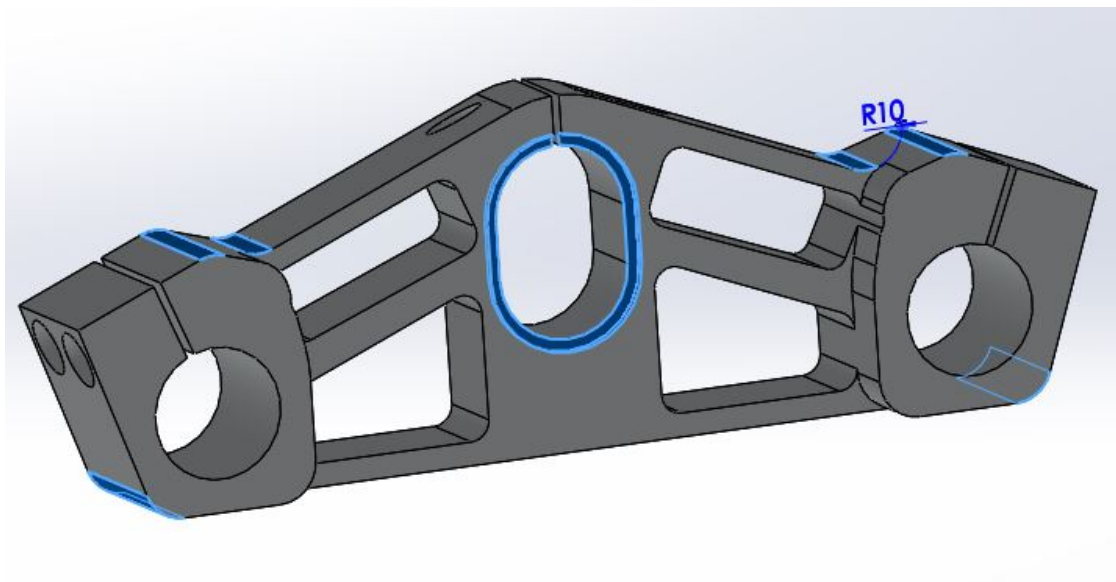


Figura 7.25. Fabricación tija inferior. Redondeos y pestaña para óvalo.

7.3.3. Óvalo

Para comenzar con la fabricación de los dos óvalos que ensamblarán con las tijas y alojarán el eje, se mecanizará un trozo de aluminio 7075-T6 con forma ovalada de radios 20mm, distancia entre centros 15mm y espesor 20mm.

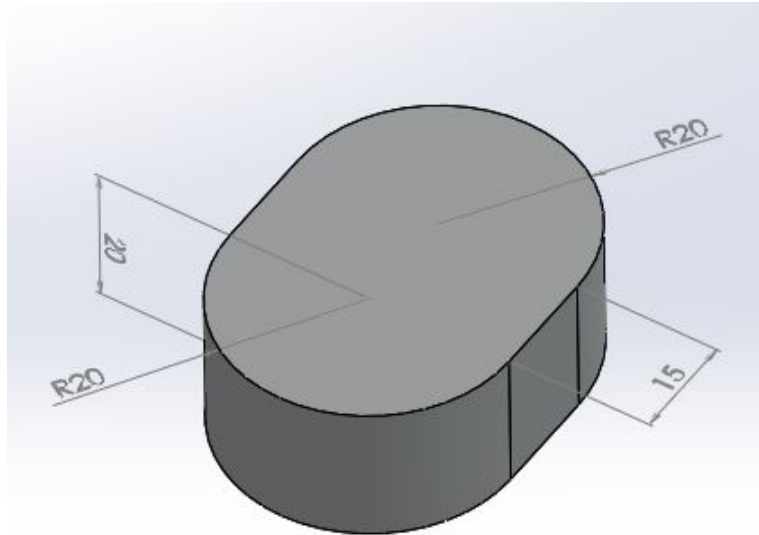


Figura 7.26. Fabricación óvalo. Forma general.

El siguiente paso será el desbaste de todo el perímetro de la pieza con una equidistancia de 3mm hasta una altura de 18mm de los 20 que posee el bloque.

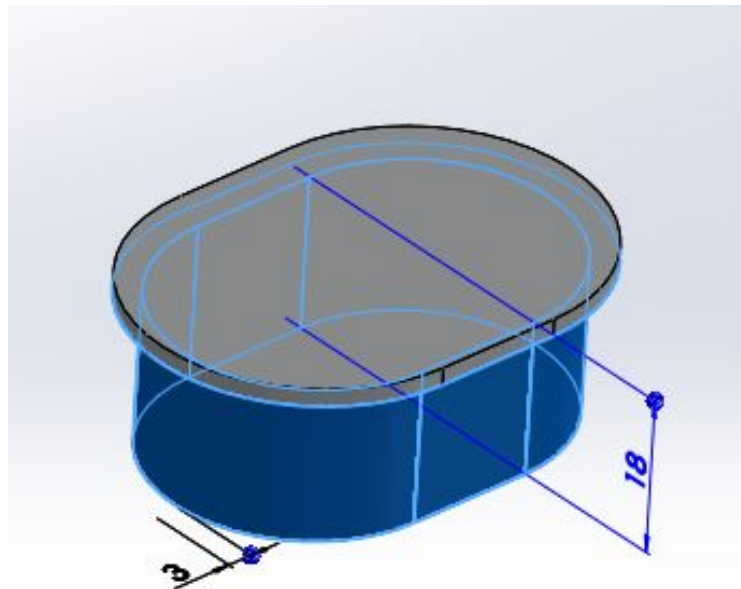


Figura 7.27. Fabricación óvalo. Desbaste perimetral.

Posteriormente se realizará una hendidura en el centro de la pieza. Dicha hendidura será de 2mm de espesor y alcanzará hasta el centro geométrico del componente. Esta hendidura dotará al componente de cierta flexibilidad, necesaria para el buen comportamiento de la motocicleta.

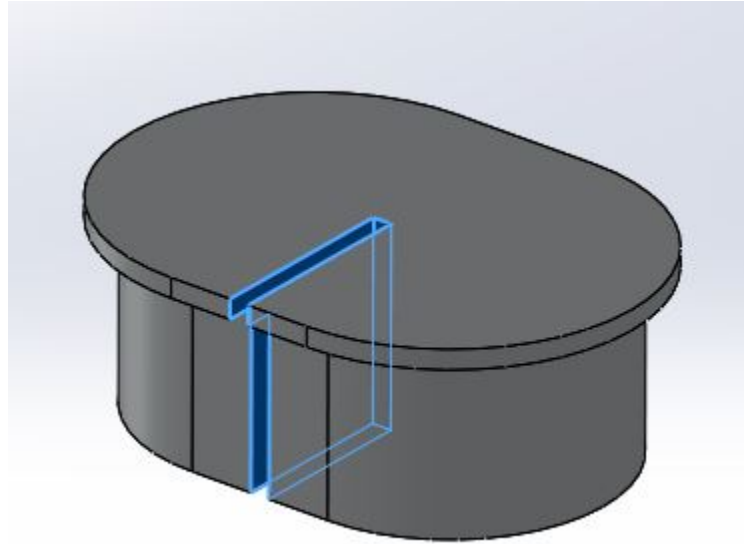


Figura 7.28. Fabricación óvalo. Hendidura central.

Por último se realizará el orificio que alojará el eje. Este orificio estará descentrado 7,5 milímetros del centro de la pieza, es decir, será excéntrico, permitiendo una variación en la inclinación del eje dependiendo del sentido en que se coloque el óvalo. El diámetro del orificio dependerá del eje. En este caso será $\varnothing 24\text{mm}$.

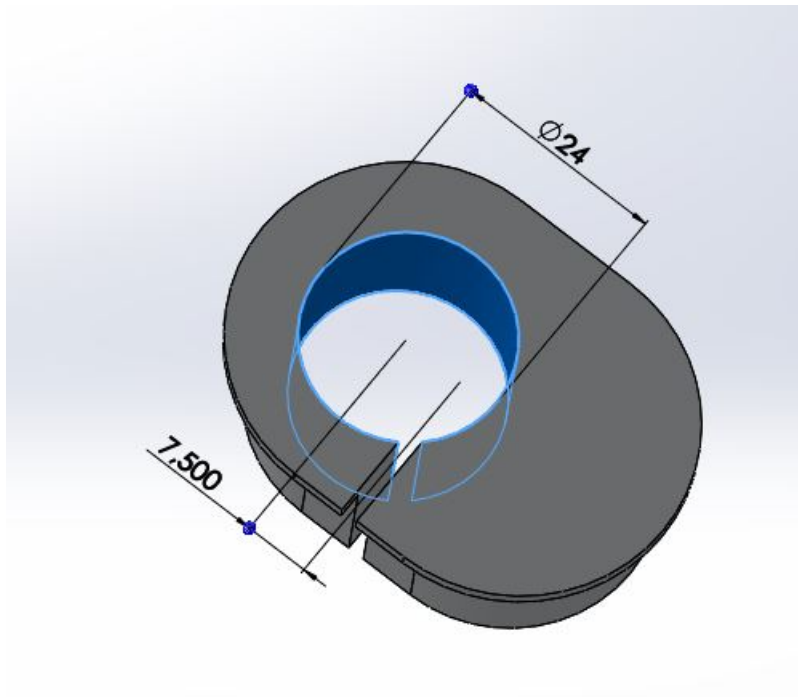


Figura 7.29. Fabricación óvalo. Orificio para acoplamiento de eje.

7.3.4. Eje

El eje que unirá ambas tijas y que, además, permitirá el ensamble de éstas con el chasis tendrá ciertas particularidades en el diseño y su fabricación, por lo que se deben especificar bien todas sus características.

Se partirá de un eje hueco de $\varnothing 25\text{mm}$, 220mm de longitud y 3mm de espesor. Este eje sufrirá algunos desbastes ligeros, dándole la forma necesaria.

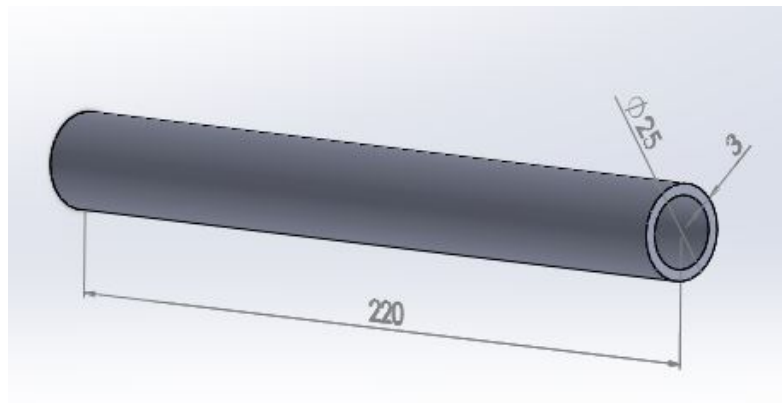


Figura 7.30. Fabricación eje. Eje inicial.

Este eje se irá torneando hasta obtener la forma deseada. Se partirá del diámetro de 25mm para ir dejando el eje a diferentes diámetros que permitirán su perfecto ensamble tanto con las tijas como con el chasis.

Se comenzará a 32mm de un extremo del eje y se tornearán diferentes tramos, dejándolos a $\varnothing 25\text{mm}$; $\varnothing 24,6\text{mm}$; $\varnothing 25\text{mm}$; $\varnothing 24,9\text{mm}$; y $\varnothing 24\text{mm}$. La distribución exacta de estos diferentes diámetros se reflejará en los planos.

Seguidamente, también a estos 32mm de distancia de un extremo del eje, se soldará una arandela $\varnothing_{\text{ext}} 40$ milímetros y 5 milímetros de espesor. Esta arandela hará de tope con el chasis, permitiendo que el eje quede situado en la posición exacta.

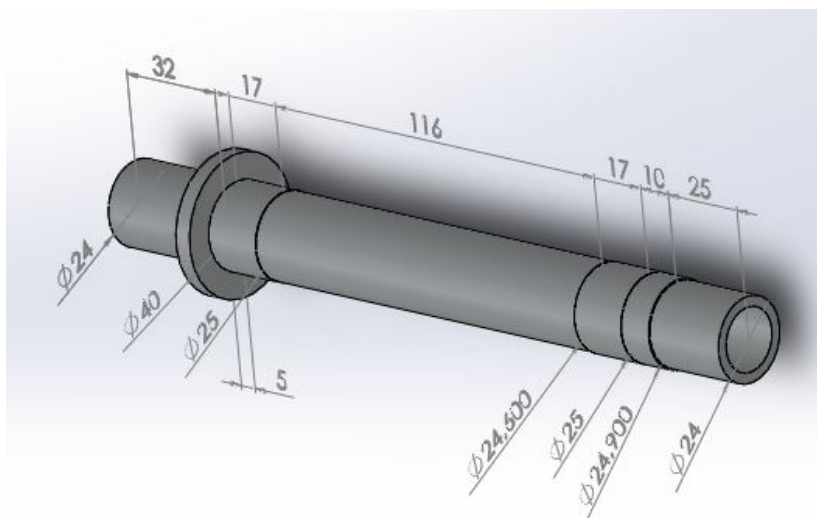


Figura 7.31. Fabricación eje. Eje torneado.

7.3.5. Ensamblaje

Una vez que se han fabricado todos los componentes se podrá proceder a su ensamblaje. Primeramente entre ellos y posteriormente con el resto de componentes de la motocicleta.

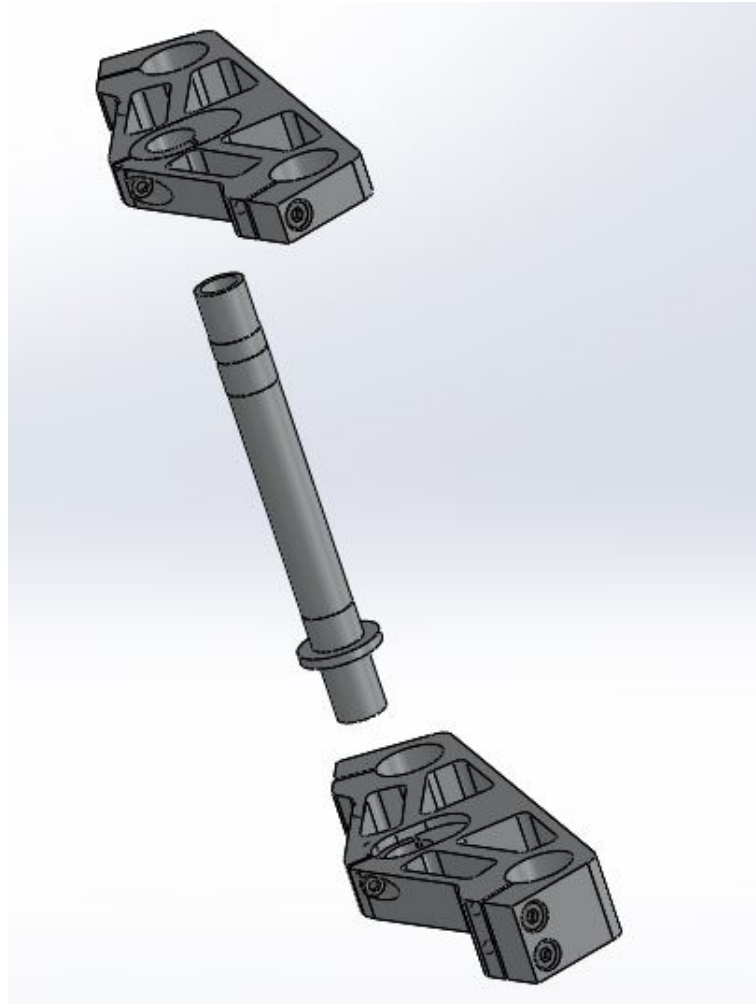


Figura 7.32. Ensamblaje. Vista explosionada.

Además, se deberá tener en cuenta a la hora del ensamblaje la ya mencionada posibilidad de variar la inclinación del eje. Para ello se colocarán los óvalos en diferentes posiciones en el interior de las tijas, según los resultados buscados.

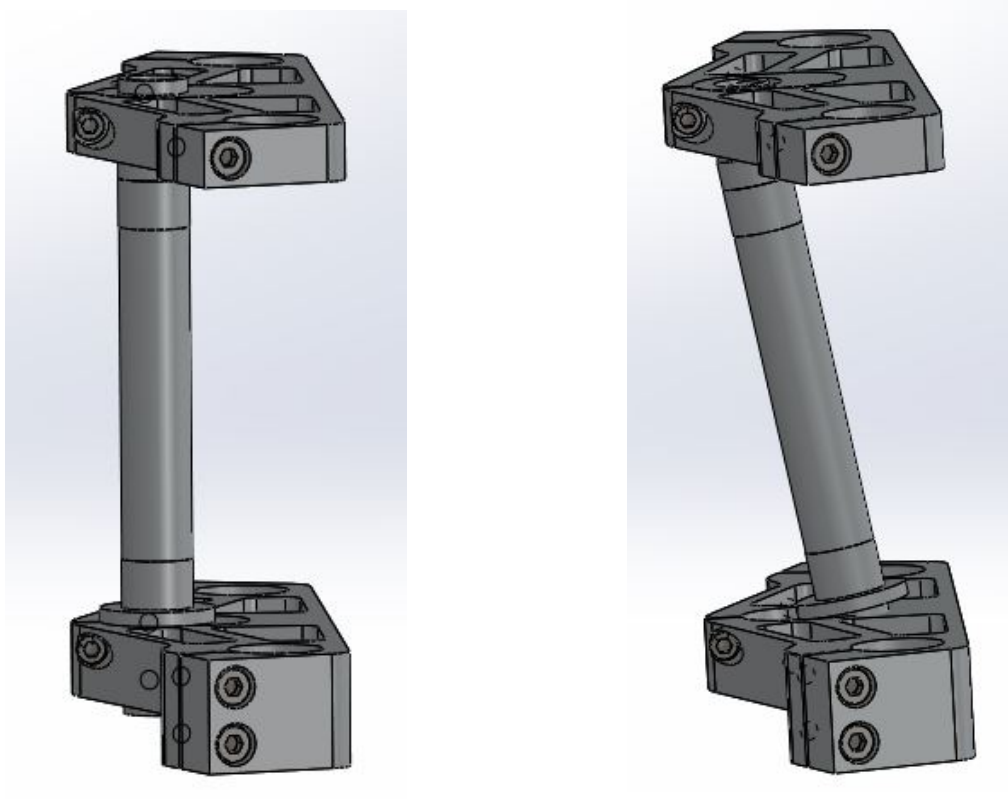


Figura 7.33. Comparativa según la colocación del óvalo.

Por último, se podrá acoplar el ensamblaje completo de la tija al resto de la motocicleta.

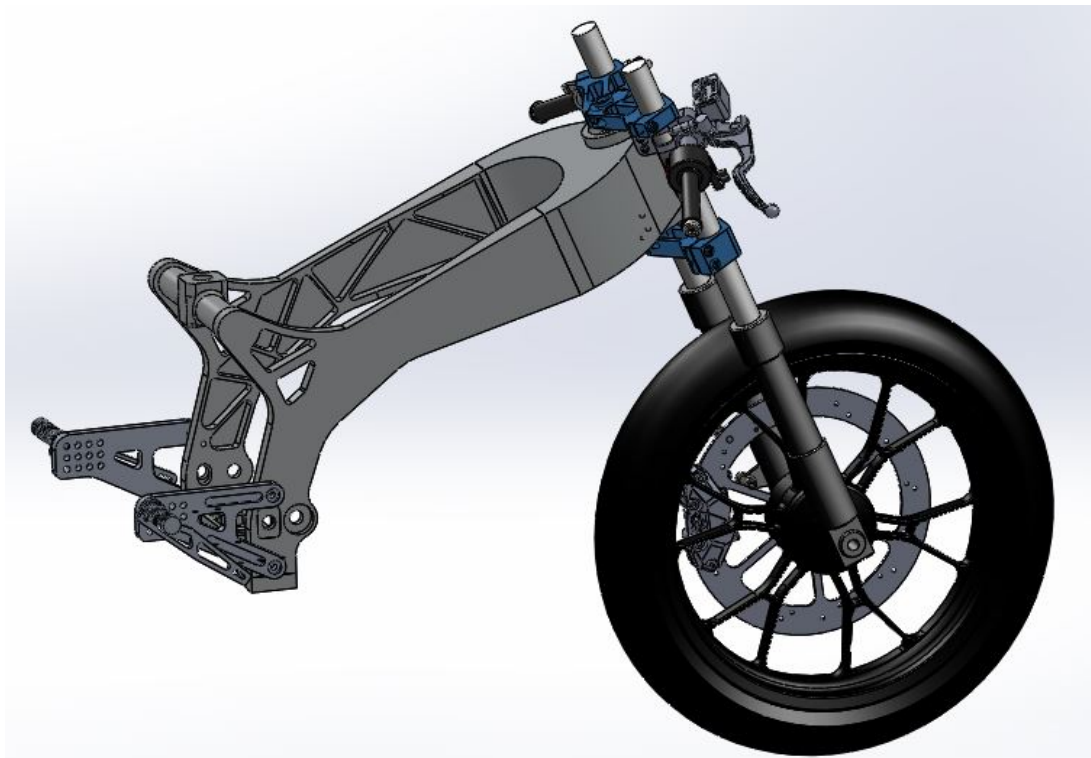


Figura 7.34. Ensamblaje tija con el resto de la motocicleta.

8. SEMIMANILLARES

Tras finalizar el diseño de las tijas y aclarar cada aspecto relativo a sus características geométricas, se procederá a diseñar otro elemento auxiliar de la motocicleta que guardará una estrecha relación con éstas. Dicho elemento será los semimanillares.

Los semimanillares serán los encargados de soportar el peso del piloto durante las fases de frenado. Además servirán de apoyo continuo al piloto y provocarán el giro de la motocicleta.

Para el diseño de este componente nos apoyaremos en los cálculos y análisis realizados para las tijas, ya que para ello fue necesario incluir los semimanillares.

El ensamblaje completo de los semimanillares finalizará con el acople de diferentes componentes comerciales como puños o manetas.

8.1. Cálculo de esfuerzos

El cálculo de esfuerzos correspondiente a los semimanillares será análogo al realizado con las tijas.

Esto se debe a que durante los cálculos de los esfuerzos que se generaban en las tijas se explicó que las cargas no se aplicaban directamente sobre las tijas, sino que estas cargas eran aplicadas en los semimanillares, como resultado de la fuerza que ejercía el piloto sobre ellos durante una frenada. En aquel caso, las fuerzas se transmitían a las tijas a través de los semimanillares.

Es por ello que las cargas aplicadas serán las mismas, es decir, el cálculo de esfuerzos es idéntico. Sin embargo, en este caso se observará el resultado que provoca sobre los semimanillares la aplicación de estas cargas.

Como ya se mencionó anteriormente, se estima que el peso apoyado por el piloto durante una frenada es de 15kg en cada semimanillar, siguiendo una dirección normal al suelo. Al igual que ocurría con las tijas, estos datos han sido obtenidos experimentalmente por lo que se aplicará un *coeficiente de mayoración* de 2, a fin de eliminar posibles errores.

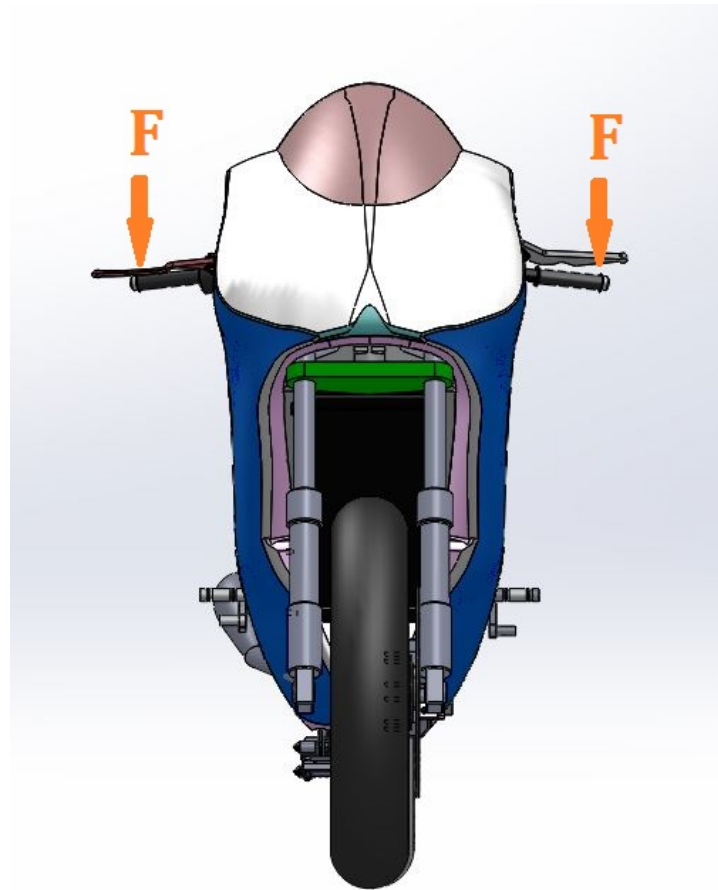


Figura 8.1. Análisis de esfuerzos.

$$F = 15\text{kg} \times 9.81 \times 2 \cong 295 \text{ N}$$

Esta fuerza de 295 N será aplicada en ambos semimanillares, calculándose las características geométricas necesarias para un buen funcionamiento.

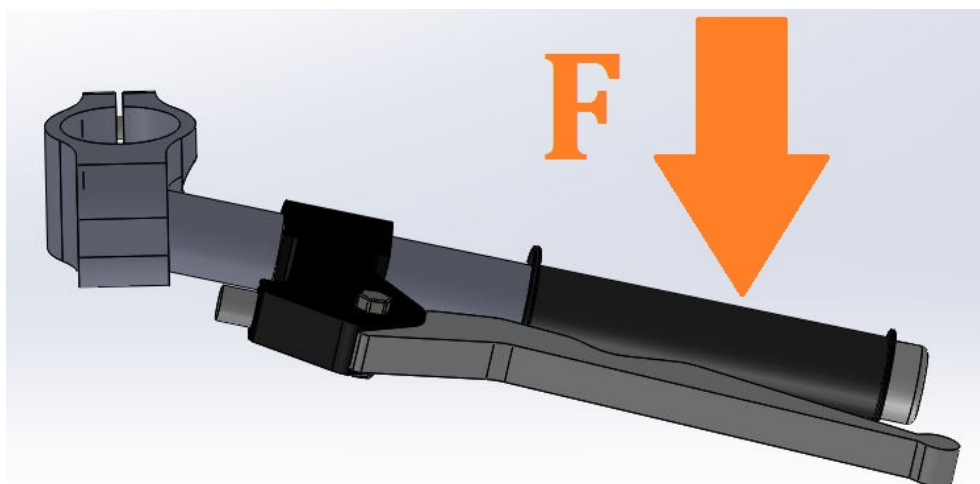


Figura 8.2. Análisis de esfuerzos.

8.2. Diseño, análisis y optimización

El diseño de los semimanillares no solo consistirá en decidir qué diámetro es el adecuado para la barra o qué longitud o ángulo de inclinación se le debe dar a ésta para que su funcionamiento y adaptación con el piloto sea óptima.

En este caso incluirá el diseño de los acoples que unirán la barra del semimanillar con el resto del sistema de dirección. Por último habrá que tener en cuenta el posterior acople con el resto de componentes comerciales necesarios para su finalización. Dichos elementos serán puños, manetas o sistemas electrónicos.

Como ya pasara con el análisis de esfuerzos, el diseño de los semimanillares está estrechamente ligado al anterior diseño de las tijas.

Es por ello que el diseño preliminar que se contempló para los semimanillares se basaba en unas barras que acoplaban directamente con las tijas. Estas primeras tijas contaban con los acoples ya incorporados a su diseño.

Sin embargo, como se verá a continuación con los análisis realizados, este diseño de semimanillares se descartó al comprobar que no se podía diseñar las tijas de esta forma.

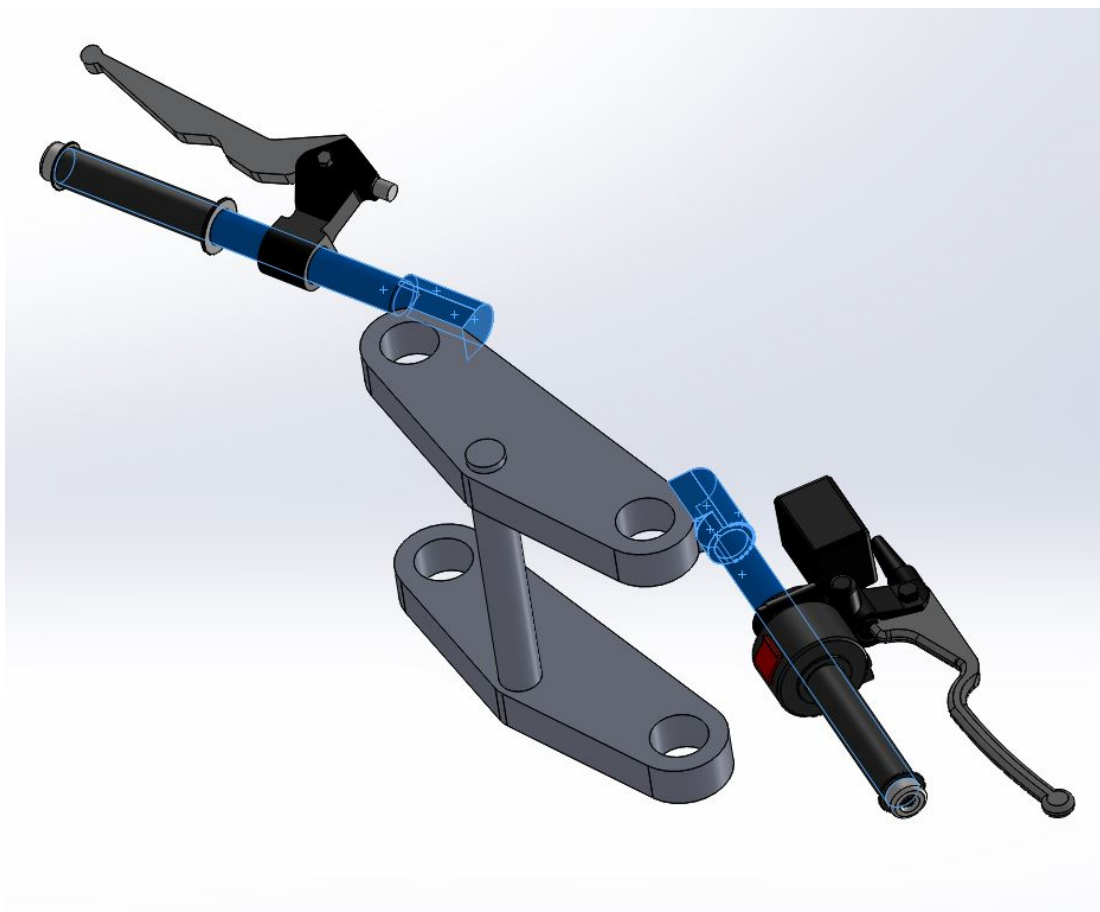


Figura 8.3. Diseño preliminar.

De forma análoga a como se hizo con las tijas, se procederá a analizar los semimanillares. Los resultados obtenidos serán los mismos, sin embargo, en esta ocasión se prestará atención exclusivamente a los referidos a los semimanillares.

El primer paso para la realización de estos análisis será definir las condiciones de contorno, así como realizar el mallado.

El ensamblaje se fijará a través del eje de la tija y en la zona en la que los semimanillares ensamblan con ésta. Las cargas, de 295N, serán aplicadas uniformemente en los extremos de los dos semimanillares, reproduciendo de esta manera la situación más desfavorable, ya que generaría un momento flector mayor.

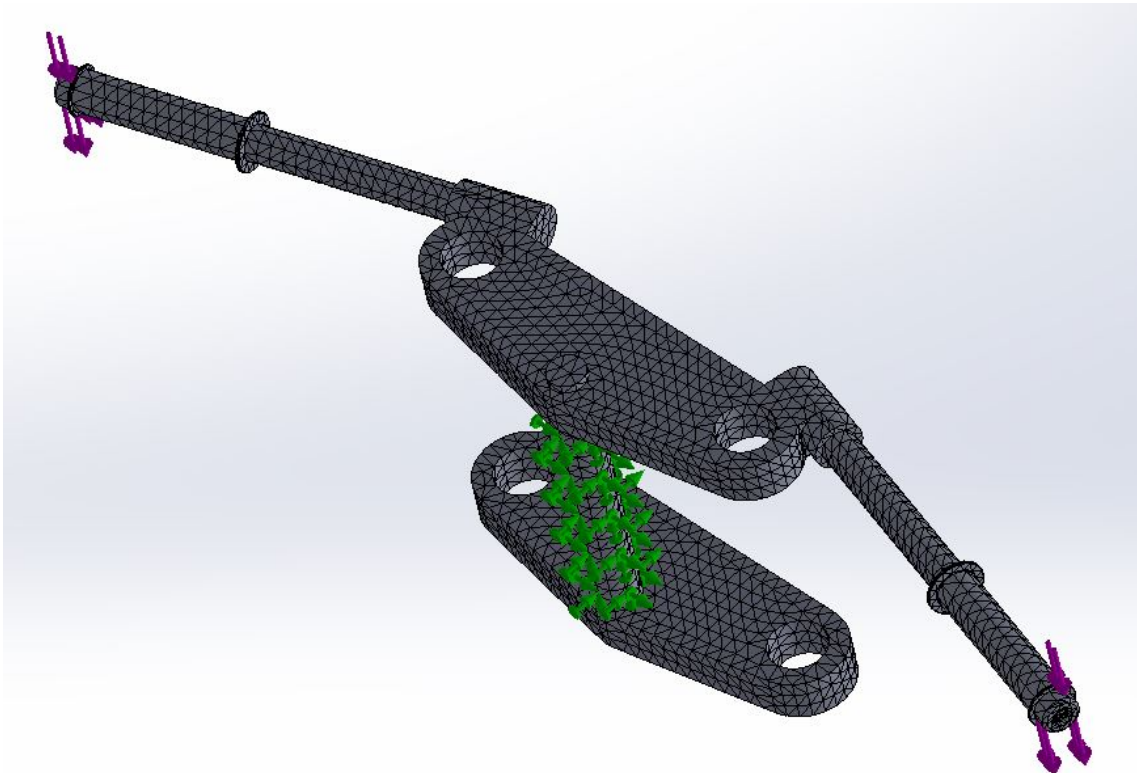


Figura 8.4. Mallado y condiciones de contorno. Diseño preliminar.

Tras definir las condiciones de contorno y realizar el mallado, cada 5mm, del elemento, así como asignar el aluminio 7075-T6 como material del que se compone, se procederá a ejecutar el análisis.

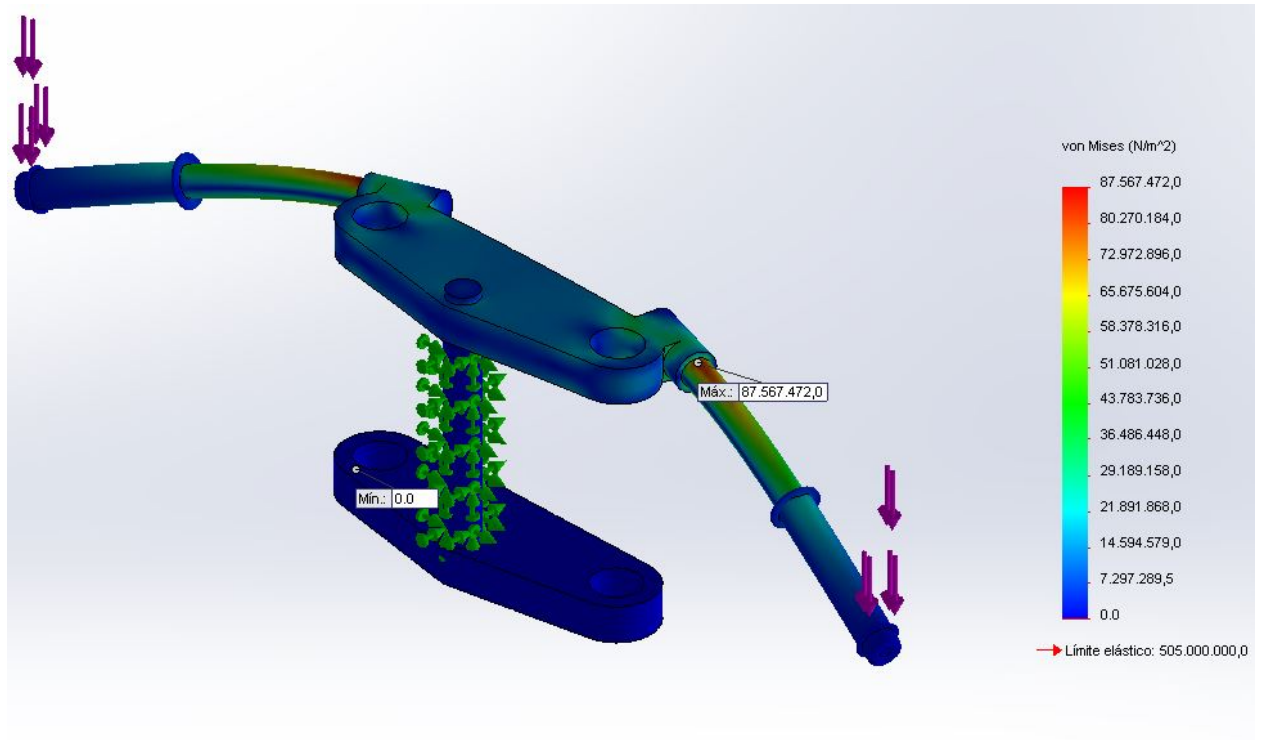


Figura 8.5. Análisis diseño preliminar. Tensiones.

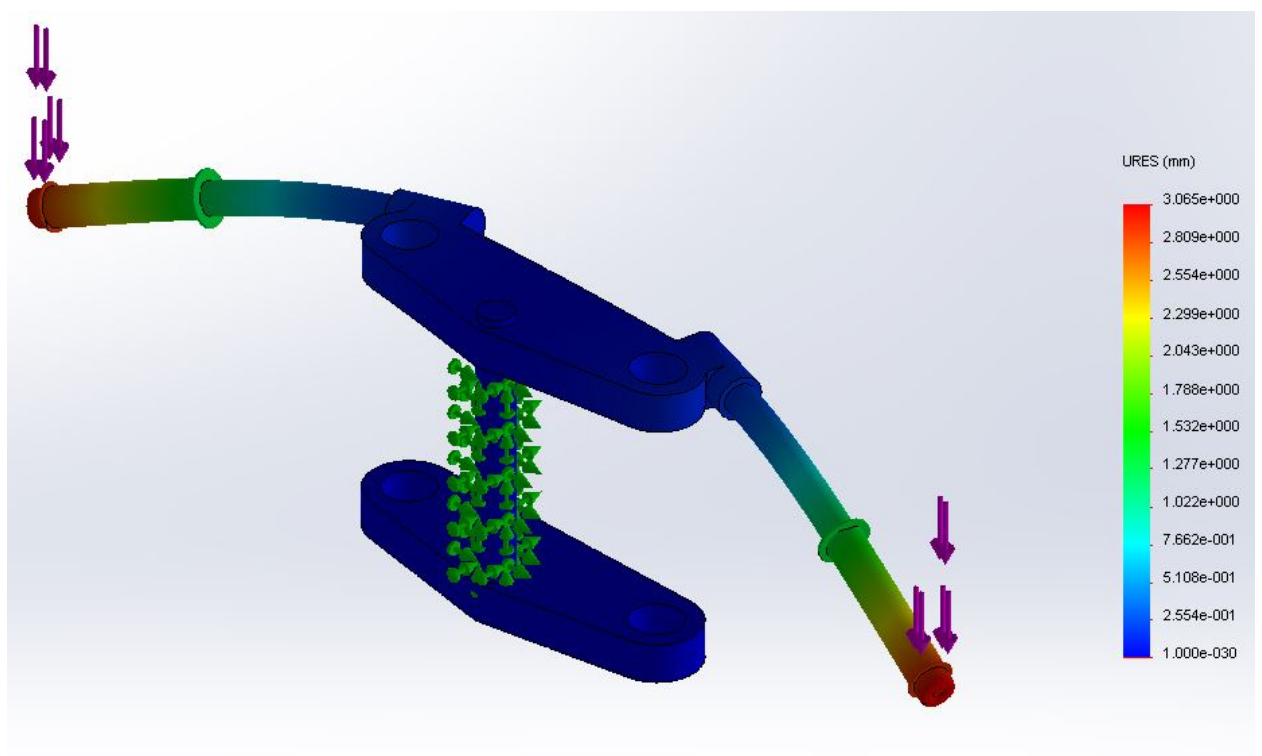


Figura 8.6. Análisis diseño preliminar. Deformaciones.

Tomaremos en consideración solamente lo reflejado en los semimanillares, obviando si el diseño de la tija era el óptimo o no.

Observando los resultados obtenidos durante el análisis de tensiones, se puede comprobar que el punto de máxima tensión es la zona de unión entre la barra del semimanillar y los acoples de la tija. Sin embargo, ese punto se encontraría a 87MPa, valor muy por debajo del límite de rotura y límite elástico del aluminio 7075-T6. Por ello se podría concluir que, si se tuviese en cuenta exclusivamente el análisis de tensiones, el diseño sería acertado y se podría proceder a su fabricación.

Sin embargo, el análisis de tensiones debe ser contrastado con el de deformaciones. Es en éste último donde se observa que el punto de máxima deformación será, lógicamente, el extremo del semimanillar. Este punto presentará 3mm de deformación, siendo este valor algo excesivo para considerar el diseño optimizado.

Además de las dudas generadas por los resultados obtenidos en el análisis de deformaciones, se deberá tener en cuenta que previamente se declaró inoportuno ese diseño de tija, provocando que este diseño preliminar de semimanillares deba replantearse y ser optimizado.

La principal optimización irá orientada a evitar ensamblar la barra del semimanillar directamente en las tijas, sino hacerlo con las barras la horquilla. De este modo se ensamblará con un elemento más robusto, eliminando posibles complicaciones en la zona del acople.

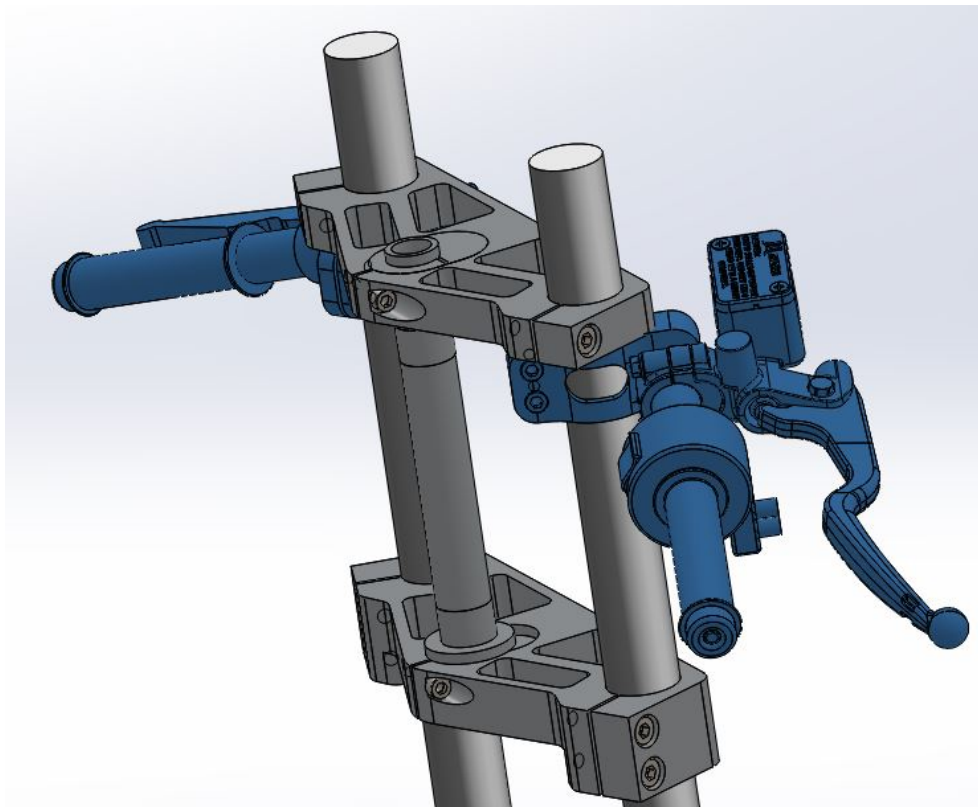


Figura 8.7. Diseño definitivo.

Este cambio en la forma y zona de ensamblaje de los semimanillares se hizo posible gracias al diseño de dos acoples que abrazarían las horquillas y permitirían la sujeción de la barra del semimanillar.

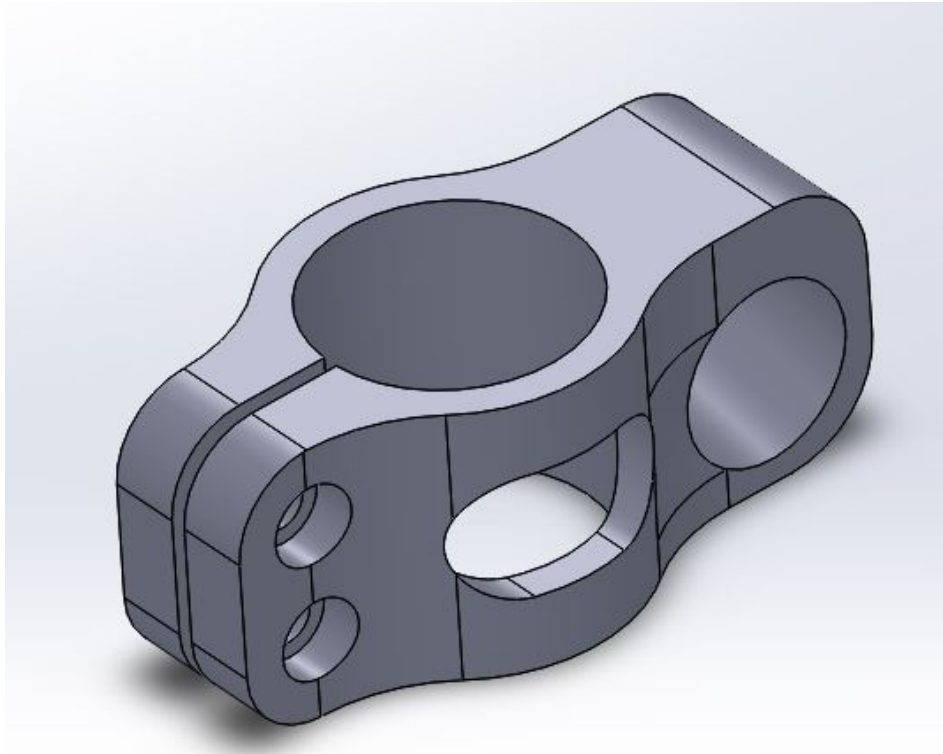


Figura 8.8. Diseño definitivo. Acoples semimanillares.

Como se observa en la *Figura 8.8.*, estos acoples podían ser ajustados por medio de dos uniones atornilladas. Estas uniones permitirían no solo el ajuste sino el montaje y desmontaje de los semimanillares.

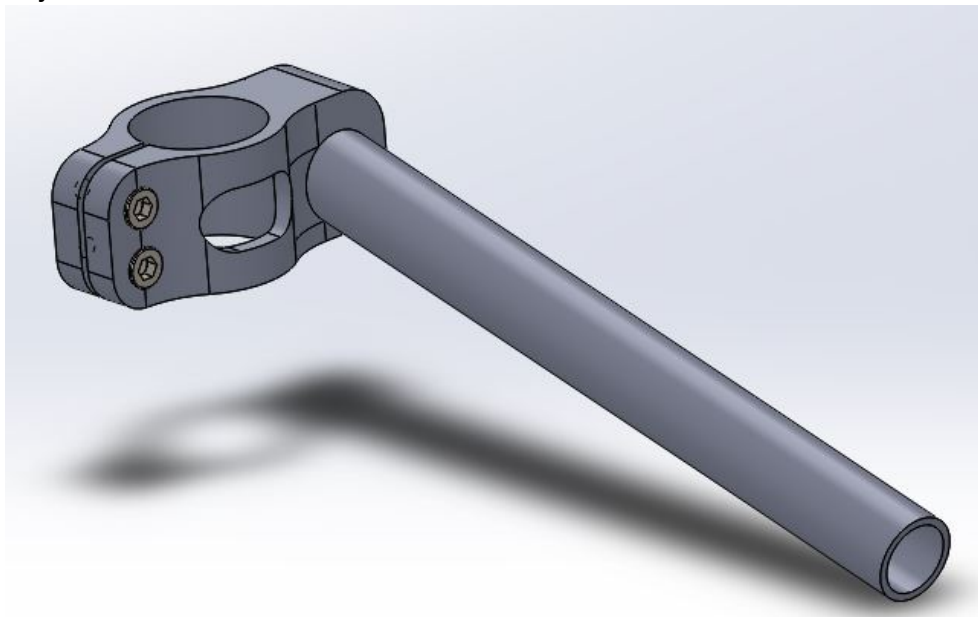


Figura 8.9. Diseño definitivo. Ensamblaje con barra.

El diseño del semimanillar derecho e izquierdo será análogo, por lo que cada característica geométrica es trasladable simétricamente al otro semimanillar.

Una vez finalizadas las optimizaciones se procederá, nuevamente, al análisis del elemento auxiliar. Para ello se deberá mallar y definir las restricciones de nuevo, así como aplicar las cargas.

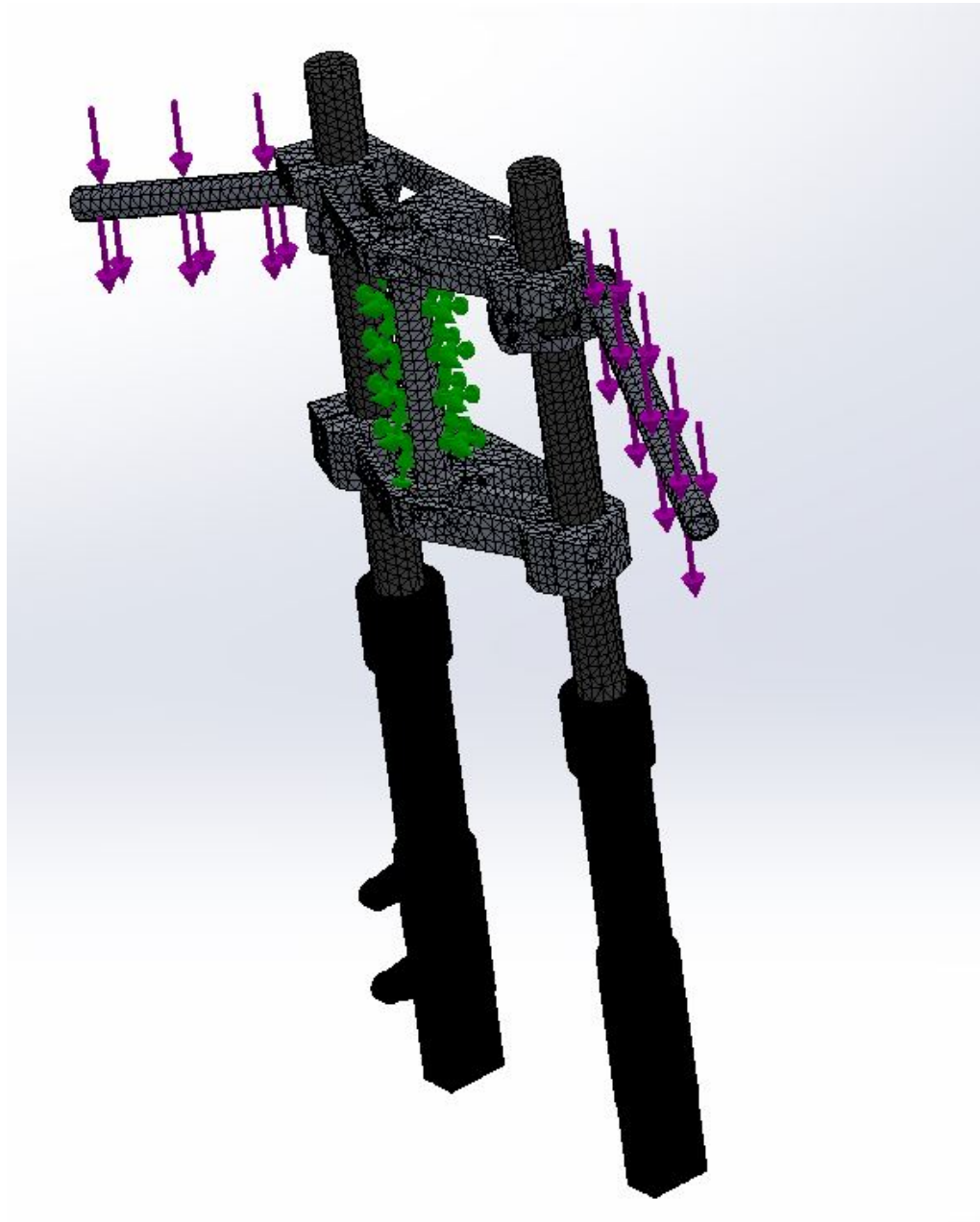


Figura 8.10. Diseño definitivo. Mallado y aplicación de cargas.

Tras esto, se podrá proceder a ejecutar el análisis. Se deberán observar los cambios que se han producido en los semimanillares tras las modificaciones geométricas en el diseño.

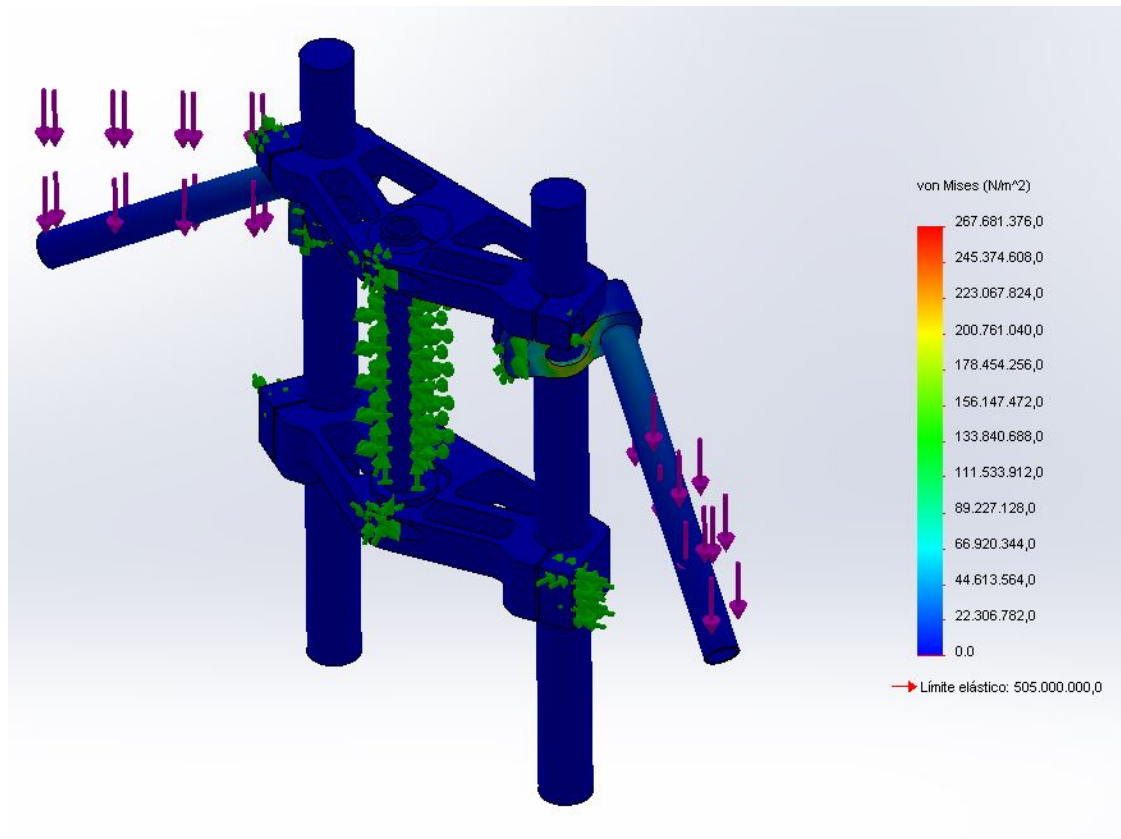


Figura 8.11. Diseño definitivo. Análisis de tensiones.

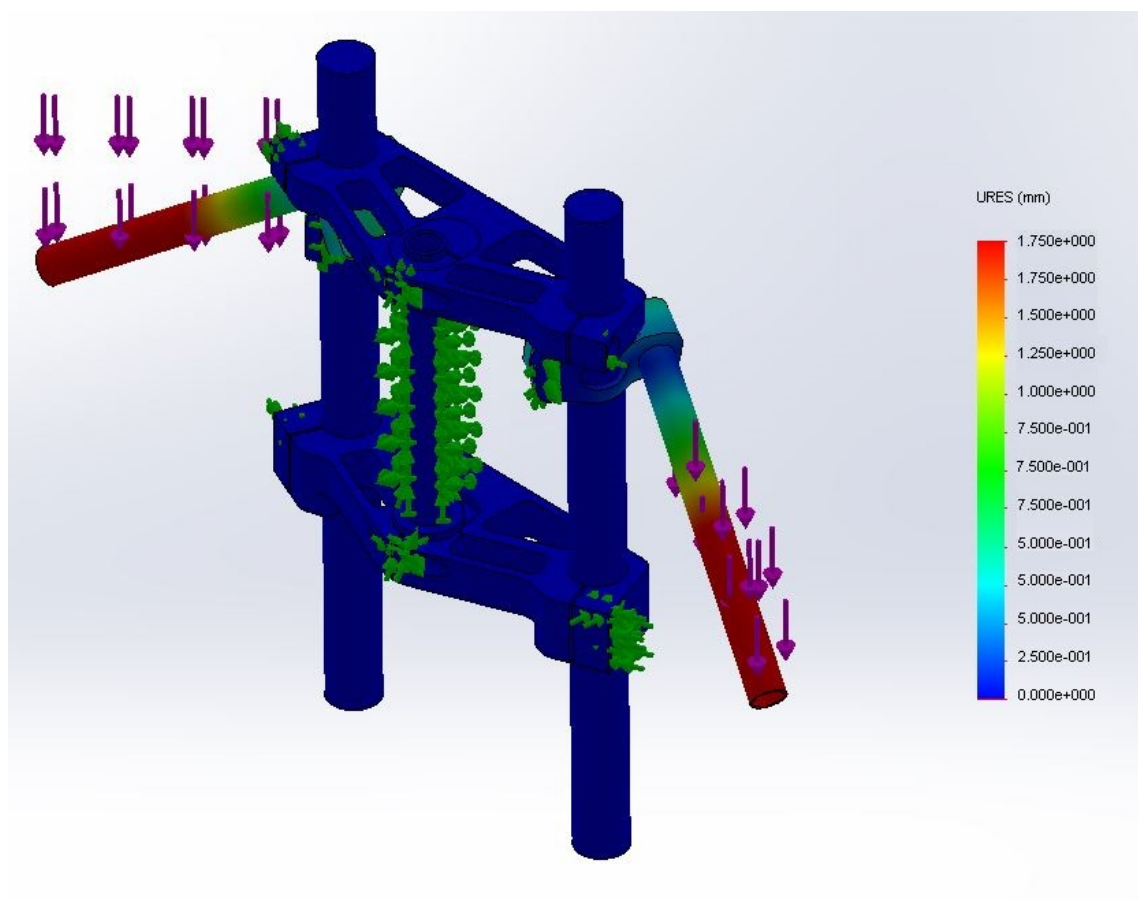


Figura 8.12. Diseño definitivo. Análisis de deformaciones.

Observando los resultados de los análisis se llega a la conclusión de que las tensiones generadas en los semimanillares son superiores ahora, 267MPa en su punto crítico. Sin embargo, estas tensiones se concentran en los acoples, siendo estos la parte más robusta del diseño.

Por otro lado, el análisis de deformaciones muestra que el punto máximo de deformación presenta 1,75mm frente a los 3mm del diseño preliminar. Esta mejora supone el paso del diseño de inapropiado a óptimo, ya que 1,75mm se considera un valor aceptable debido a la flexibilidad propia que debe tener un elemento como éste.

Todo este análisis y estudio lleva a la conclusión de que ha sido una decisión acertada el no acoplar los semimanillares directamente a las tijas, reduciendo así la deformación que se produce. Además, esto supone la consecución de un diseño óptimo tanto para los semimanillares, como previamente lo fue para las tijas.

En definitiva, se podrá proceder a la fabricación de los semimanillares, realizando posteriormente la adición del resto de elementos comerciales y su total ensamblaje con el resto de la motocicleta.

8.3. Proceso de fabricación

Durante el proceso de fabricación de los semimanillares se diferenciará entre las barras y el semimanillar propiamente dicho, entendido éste como el acople que permite la unión con las barras de la horquilla.

En ambos casos el material usado será el previamente estudiado y seleccionado: el aluminio 7075-T6.

Por último se explicará cómo se realizará el ensamblaje de ambos componentes, así como el ensamblaje del resto de componentes comerciales -puños, manetas, etc- y el acoplamiento con el resto de la motocicleta.

8.3.1. Semimanillares o *acoples*

Para el inicio de la fabricación de los acoples que unirán los semimanillares con las horquillas se partirá de un bloque de aluminio 7075-T6 de dimensiones 85x45x35 milímetros.

A partir de dicho bloque se realizarán los mecanizados necesarios. Los 35mm de espesor o altura dotarán de mayor resistencia a este elemento, protegiéndolo de los fuertes momentos torsores que se generen.

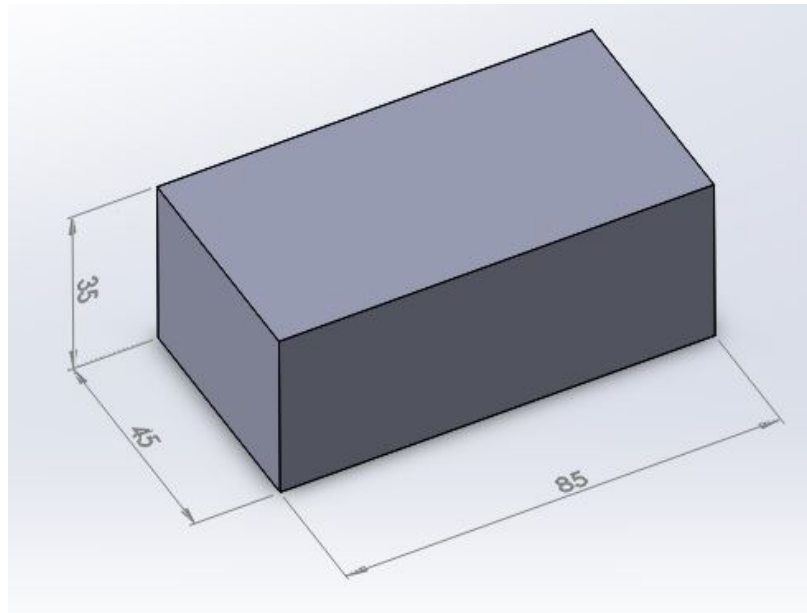


Figura 8.13. Fabricación acoples. Bloque 7075-T6.

Posteriormente se procederá a dar la forma general al bloque, siguiendo las cotas y dimensiones proporcionadas por los planos. Durante este proceso se mecanizará el orificio a través del cual ensamblen las barras de las horquillas.

Dado que las horquillas suministradas por la organización serán de $\varnothing 33$ milímetros, el orificio de los acoples se mecanizará a $\varnothing 33,3$ milímetros. De esta forma se permitirá el montaje y desmontaje de los semimanillares, siendo ajustados hasta los 33m del diámetro de las horquillas, una vez montado el semimanillar, mediante el apriete de dos uniones atornilladas.

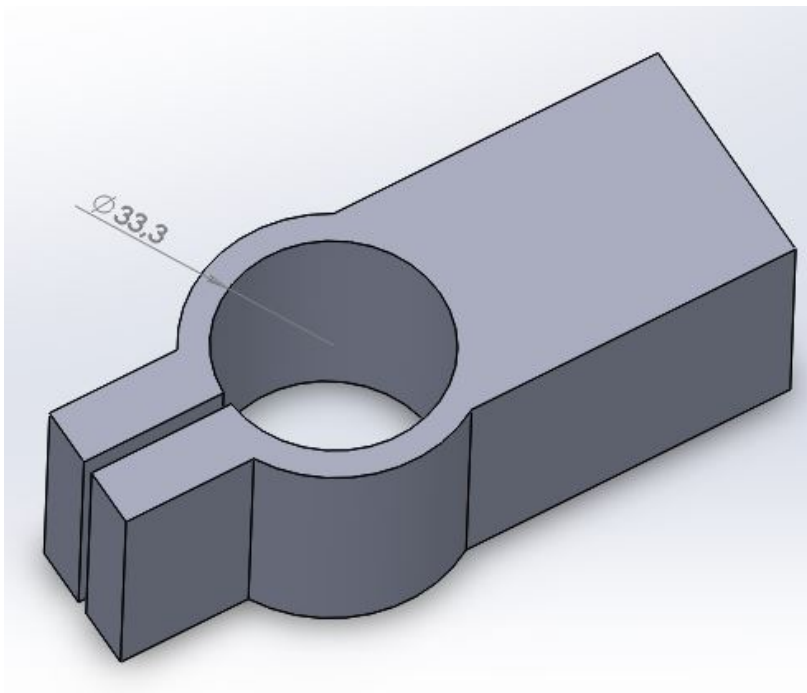


Figura 8.14. Fabricación acoples. Forma general.

Seguidamente se procederá a mecanizar el orificio en el que se alojarán las barras de los semimanillares. Estos orificios tendrán un diámetro de 22 milímetros, adecuado para alojar la barra. Además, su diseño estará ya provisto de la inclinación necesaria para que las barras queden finalmente inclinadas unos 20° , acomodándose así a la conducción del piloto. En el extremo se mecanizará un taladro destinado al alojamiento del tornillo que sujetará la barra al acople.

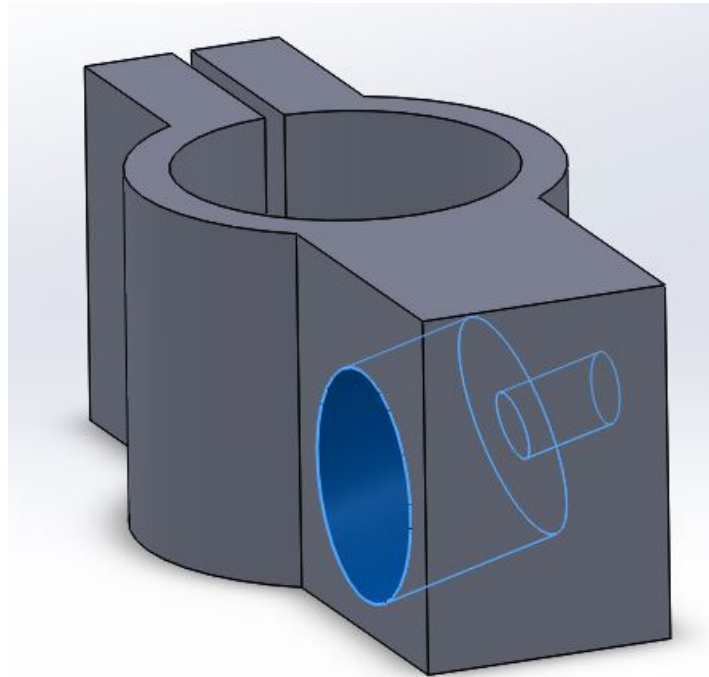


Figura 8.15. Fabricación acoples. Orificio para barra.

Tras esto será el turno de realizar los dos taladros que alojarán los tornillos encargados de ajustar el acople a la barra de la horquilla. Dichos orificios estarán uno encima del otro y serán de M6, suficiente para asegurar un buen apriete entre ambos componentes.

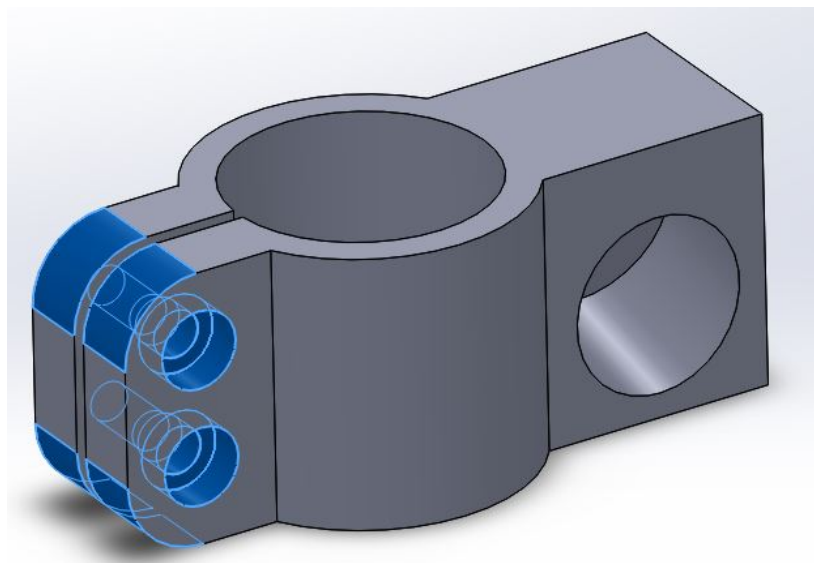


Figura 8.16. Fabricación acoples. Orificios para ajuste.

Por último se realizarán los redondeos oportunos en las aristas vivas, evitando posibles accidentes y ofreciendo una mejor estética. Referente a esta estética, se realizará un vaciado ovalado en el centro del acople, permitiendo además una pequeña reducción de peso sin sacrificar resistencia estructural.

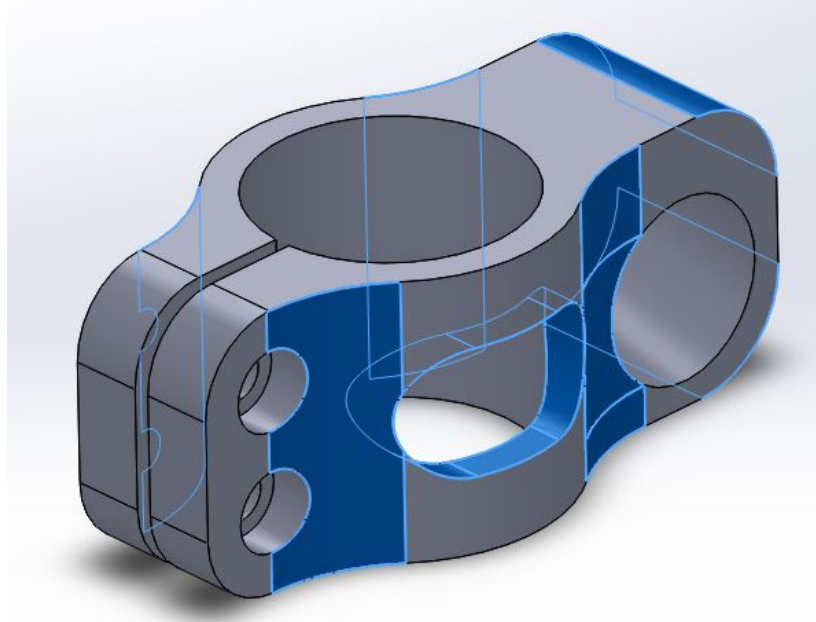


Figura 8.17. Fabricación acoples. Redondeos.

8.3.2. Barras

El cuanto al diseño de las barras, no existe ningún elemento extraño o digno de mencionar. Tan solo se tratará de una barra cilíndrica hueca, de $\varnothing 22$ milímetros y 2 de espesor, con una longitud de 220 milímetros.

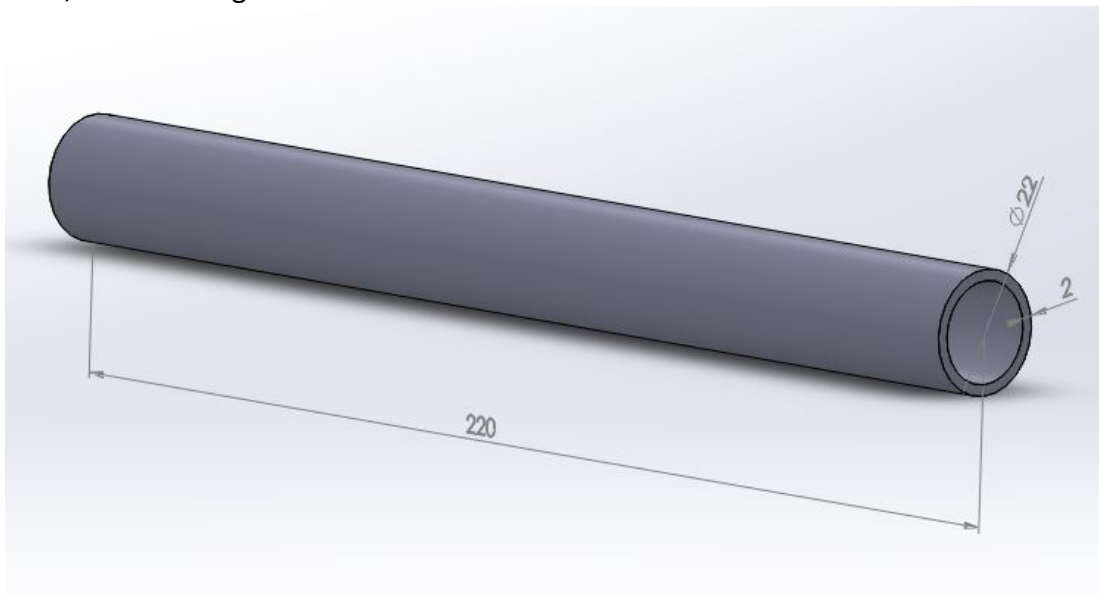


Figura 8.18. Fabricación barras.

Estas barras, en uno de los extremos serán macizas y con rosca interior, permitiendo así la sujeción mediante un tornillo al acople. La longitud de esta parte maciza será de unos 30mm, suficientes para permitir el roscado completo del tornillo correspondiente.

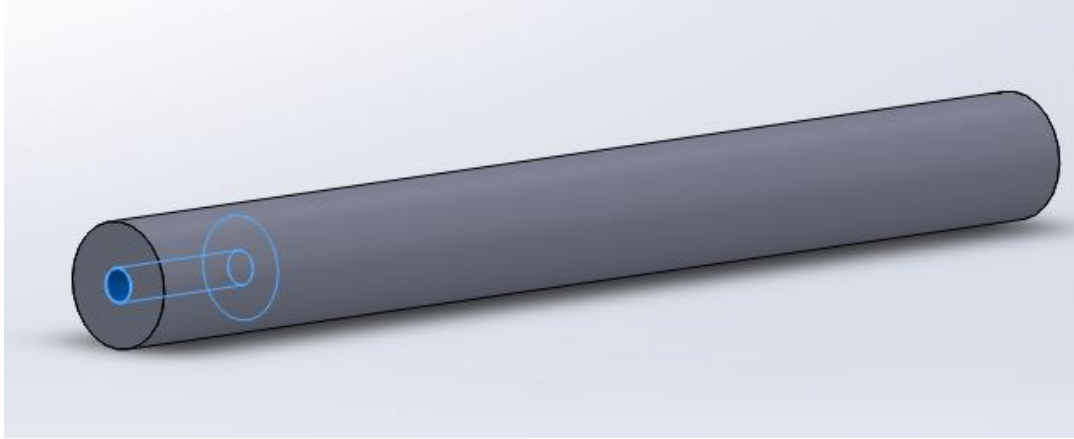


Figura 8.19. Fabricación barras. Parte maciza para rosca.

8.3.3. Ensamblaje

Una vez fabricados los dos componentes que constituyen los semimanillares se procederá a su ensamblaje. El primer paso será ensamblar ambos componentes. Dicho ensamblaje es bastante sencillo ya que el acople cuenta con un orificio en el cual encajará la barra, siendo sujeta ésta a través de un tornillos.

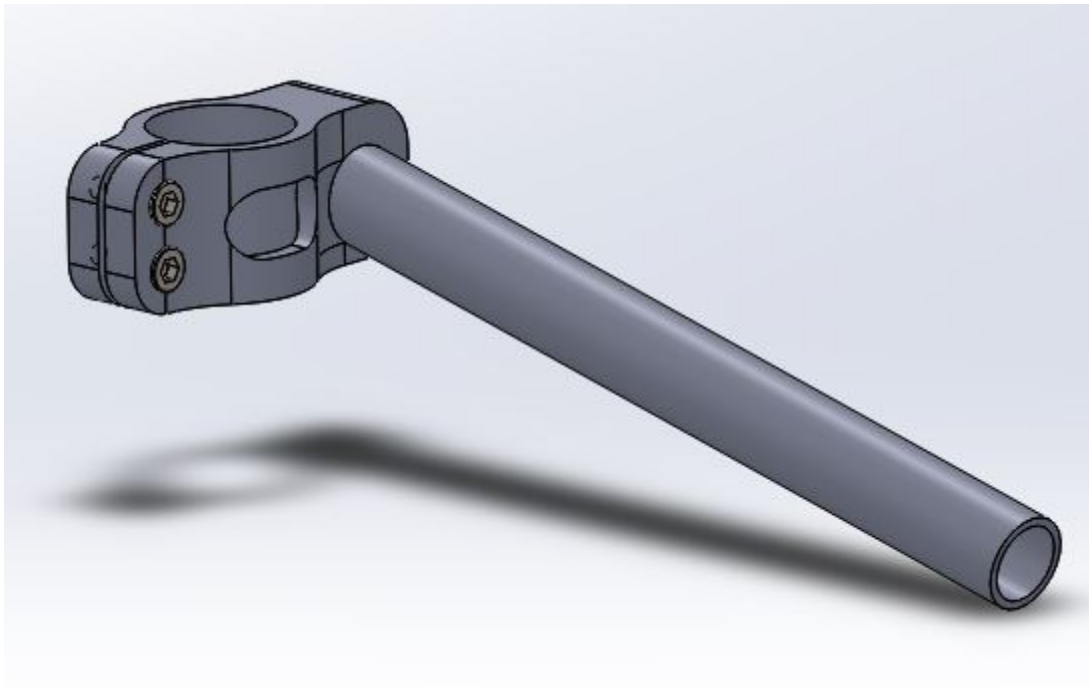


Figura 8.20. Ensamblaje de los dos componentes.

Tras haber ensamblado la barras con los acoples, se podrá proceder a añadir los componentes comerciales que completarán el ensamblaje de los semimanillares. Estos componentes serán similares para ambos semimanillares, aunque con alguna distinción.

En el caso del semimanillar derecho se deberá añadir un puño, un componente de acelerador y una maneta de freno, la cual incluirá la bomba y el depósito para el líquido de frenos.

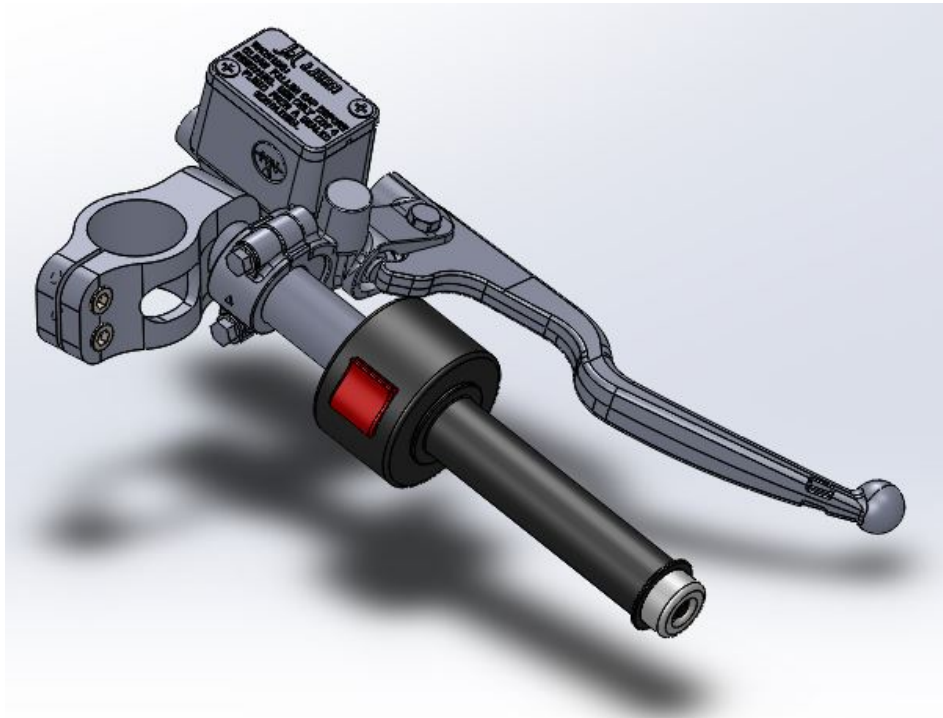


Figura 8.21. Ensamblaje semimanillar derecho.

En cuanto al semimanillar izquierdo, se requerirá la inclusión de un puño, al igual que en el derecho. Sin embargo en este caso tan solo será necesaria la incorporación de una maneta de embrague.

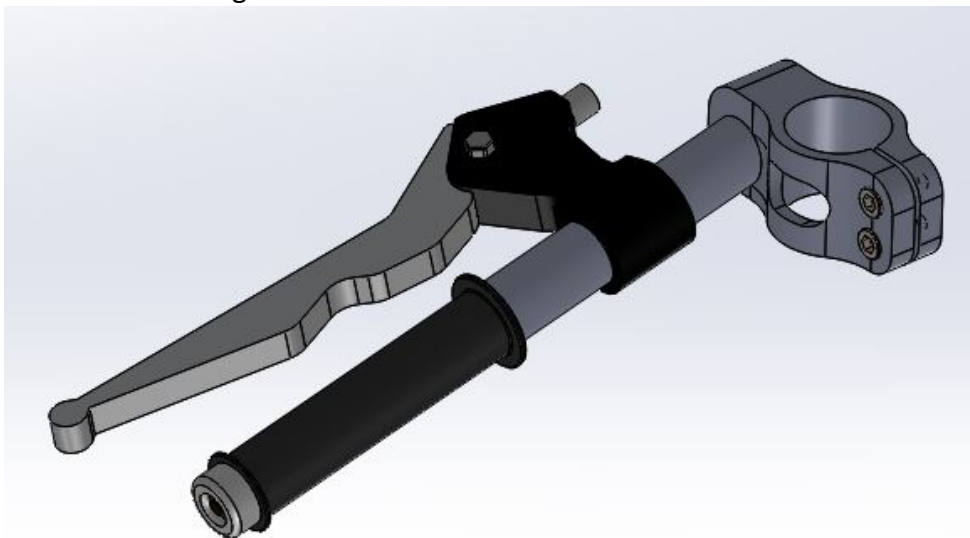


Figura 8.22. Ensamblaje semimanillar izquierdo.

Por último, una vez finalizado el ensamblaje completo de ambos semimanillares, será el momento de incorporar estos al ensamblaje total de la motocicleta. Dichos semimanillares deberán ser incorporados tras haber ensamblar las horquillas y las tijas, de forma que pueda acoplarse a ellas.

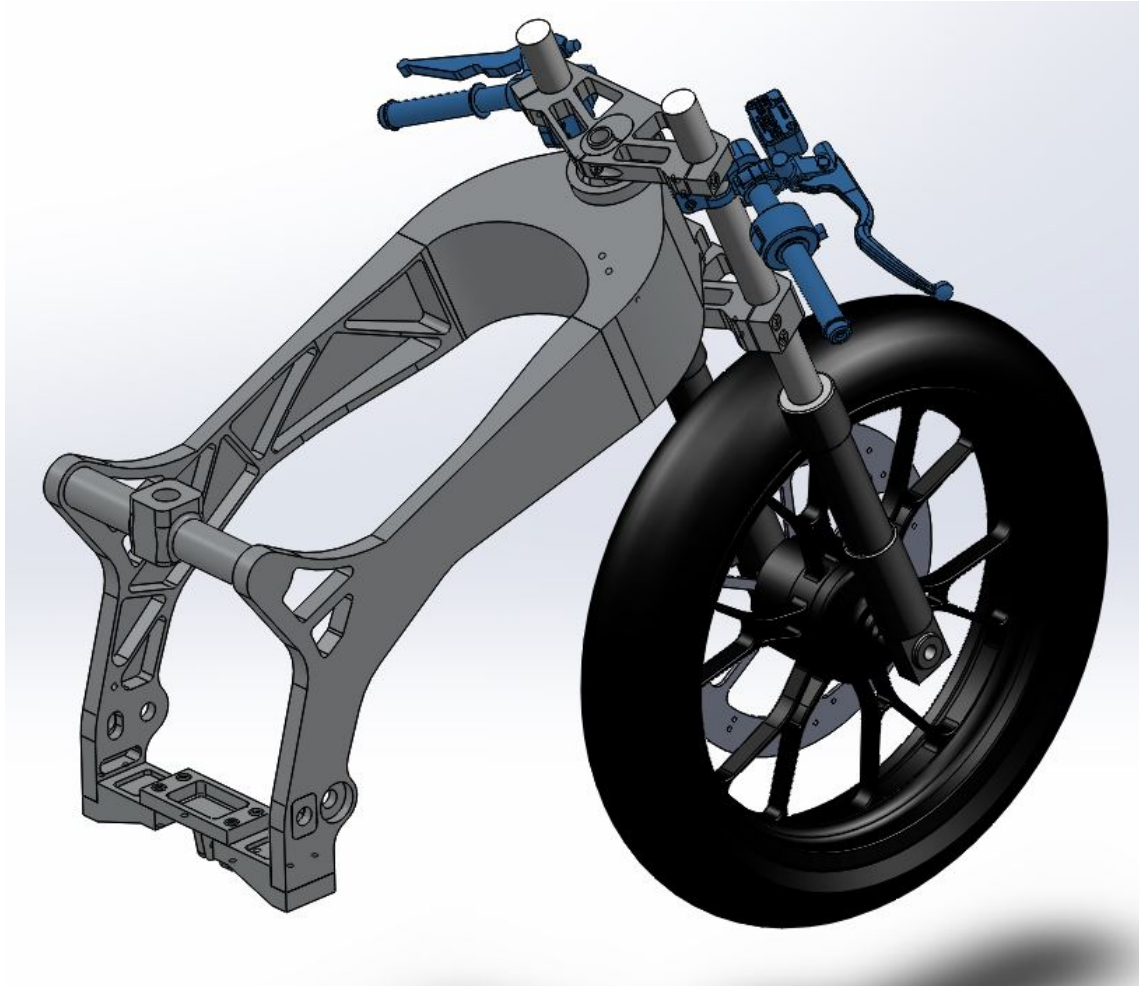


Figura 8.23. Ensamblaje con resto de la motocicleta.

9. SOPORTE DE LA PINZA DE FRENO DELANTERA

Tras haber diseñado y fabricado los elementos auxiliares que servirán de apoyo al piloto, mientras facilitan y se adaptan a su conducción -estriberas, tijas y semimanillares-, será el momento de diseñar aquellos elementos que completarán la motocicleta al margen de la parte ciclo.

Estos elementos serán los soportes para las pinzas de freno. En este capítulo se llevará a cabo el diseño y fabricación del soporte para la pinza delantera y, más adelante, se abordará el mismo aspecto para la pinza trasera.

Las pinzas de freno son suministradas por la organización, por lo que no se adaptan directamente a las horquillas. Es por ello que será tarea del presente proyecto realizar un diseño que no solo se adapta a las horquillas, sino que también lo haga a las características geométricas del resto de componentes. Todo ello buscando, como en el resto de componentes, un buen comportamiento estructural y un bajo peso.

9.1. Cálculo de esfuerzos

Como en todos los casos anteriores, el primer paso será entender el funcionamiento de una pinza de freno y, por consiguiente, de su soporte.

El disco de la rueda delantera, el cual girará con la rueda, irá encajado en el interior de la pinza de freno. Concretamente se encontrará entre las dos pastillas de la pinza. Estas pastillas, al accionarse el freno, serán comprimidas una contra otra mediante unos pistones. En el camino de esta compresión, ambas pastillas se encontrarán con el disco en medio, el cual será por tanto comprimido, provocando su deceleración.

Este proceso provoca la generación de importantes tensiones en la zona, así como una gran disipación de calor.

Debido a la inercia que lleva el disco por su movimiento angular con la rueda, la acción de la pinza de freno, provocando su deceleración, producirá la aparición de un momento. Dicho momento será transmitido al soporte que se diseñe para fijar la pinza de freno.

Como en los elementos auxiliares diseñados previamente, se deberá considerar todas las posibles situaciones que puedan darse durante el funcionamiento de la motocicleta.

En el caso del soporte para la pinza de freno delantera, la otra situación a tener en cuenta será la máxima compresión de las horquillas. Sin embargo, esta compresión solo tendrá lugar en la situación de máxima frenada con rueda delantera, por lo que simultáneamente se estará produciendo la máxima deceleración del disco mediante la acción de las pastillas.

Debido a que el estado de tensión provocado por la máxima compresión de las horquillas es despreciable frente a las tensiones generadas por la máxima frenada del disco, se tomará como situación crítica ésta última. Es por ello que se realizará el cálculo de esfuerzos sobre dicha situación, realizando los diseños y análisis en función de los resultados obtenidos para esta situación. Como consecuencia, el diseño será óptimo para el resto de situaciones posibles.

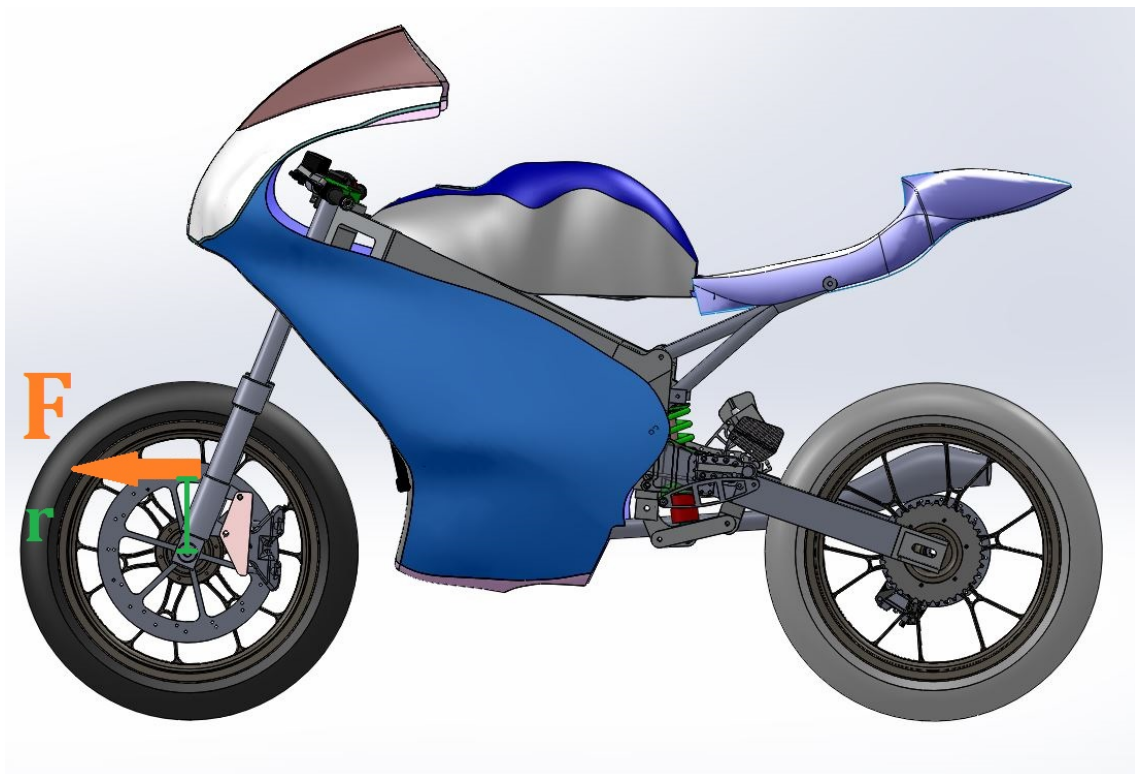


Figura 9.1. Cálculo de esfuerzos. Fuerza y radio.

En primer lugar se deberá averiguar qué magnitud tiene la fuerza que se ha de vencer para frenar la motocicleta. Esta fuerza, a su vez provocará un momento en sentido antihorario de magnitud $\text{Momento} = \text{Fuerza} \times \text{radio}$. Dicho momento será el que se deberá aplicar a la pieza en los sucesivos análisis por elementos finitos que se le realicen.

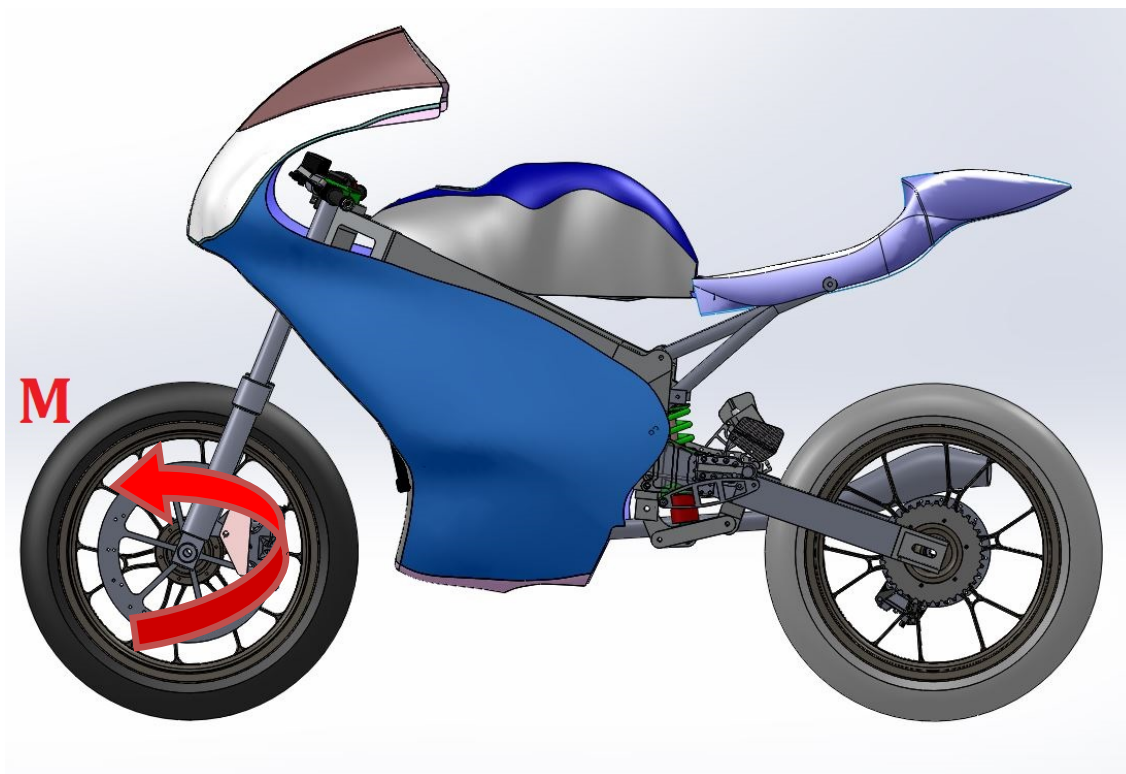


Figura 9.2. Cálculo de esfuerzos. Momento.

Para poder calcular la magnitud de la Fuerza, se deberá conocer de dónde procede. Dicha fuerza vendrá de la inercia que posee el conjunto motocicleta-piloto debido a su movimiento.

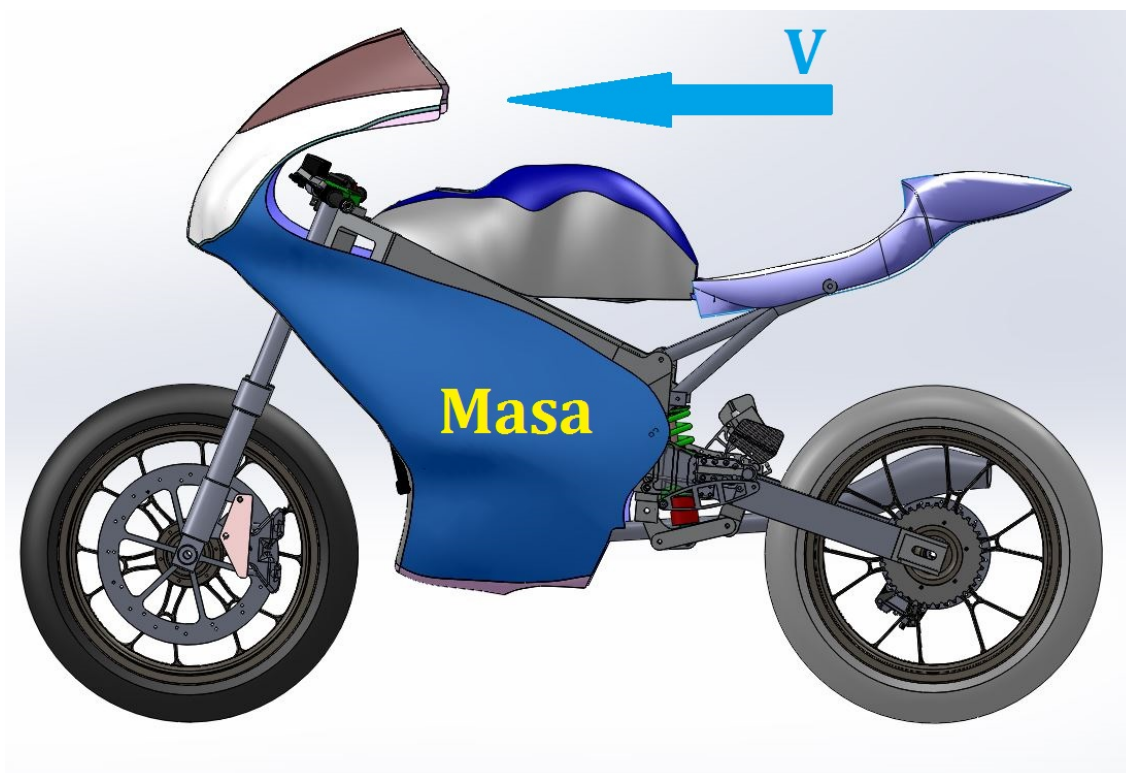


Figura 9.3. Cálculo de esfuerzos. Velocidad y masa.

Como consecuencia del movimiento, el conjunto motocicleta-piloto llevará una velocidad y poseerá una masa. El producto de ambas cosas dará la cantidad de movimiento del conjunto. Tomando como velocidad máxima alcanzable por la motocicleta 200 km/h (55,5 m/s) y la masa del conjunto 150 kg:

$$p_{\text{máxima o inicial}} = m \times v = 150 \times 55,5 = \mathbf{8333,3 \text{ kg.m/s}}$$

Sabiendo que:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}; \quad \vec{F} * dt = d\vec{p};$$

$$\int_{t_1}^{t_2} \vec{F} * dt = \int_{p_1}^{p_2} d\vec{p};$$

$$p_2 - p_1 = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} * dt;$$

$$\Delta p = J = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} * dt;$$

Siendo J el impulso.

La cantidad de movimiento máxima o inicial antes de comenzar la frenada ha sido calculada, fijándose en 8333,3 kg.m/s. Mientras que la cantidad de movimiento final será la resultante cuando la motocicleta se encuentre parada, siendo:

$$p_{\text{final}} = m \times v = 150 \times 0 = \mathbf{0 \text{ kg.m/s}}$$

Una vez calculado esto se está en disposición de obtener J :

$$J = p_2 - p_1 = 0 - 8333,3 = \mathbf{-8333,3 \text{ kg.m/s}}$$

Habiendo obtenido el impulso, y comprobado en las especificaciones del fabricante que el tiempo empleado por la motocicleta para pasar de 200km/h a 0km/h son 8 segundos, se estará en disposición de poder calcular finalmente la Fuerza que se buscaba desde el inicio:

$$\text{Fuerza} = \frac{J}{\text{tiempo}} = \frac{8333,3}{8} = 1042 \text{ N} \rightarrow \mathbf{1050 \text{ N}}$$

Por último, se podrá calcular el momento provocado por dicha fuerza. Teniendo en cuenta que la distancia desde el eje de la rueda hasta la fuerza son 150 milímetros:

$$M = F \times \text{radio} = 1050 \times 0,15 = \mathbf{157,5 \text{ N.m}}$$

Por tanto, será este momento de magnitud 157,5 N.m el que se deba aplicar a la pieza durante los análisis por elementos finitos que se le realicen. De esta forma se estará diseñando el componente de una forma óptima, asegurando su buen funcionamiento en cualquier situación que se pudiese plantear.

9.2. Diseño, análisis y optimización

Para poder comenzar con el diseño del soporte para la pinza de freno delantera, se deberá tener clara cuál es la situación y qué problemas se han de solventar.

Para ello se observarán y estudiarán las características geométricas de la pinza de freno y las horquillas suministradas por la organización. Tras este estudio observamos que los anclajes de la pinza y de la horquilla son perpendiculares, es decir, no se podrían unir directamente mediante una unión atornillada.

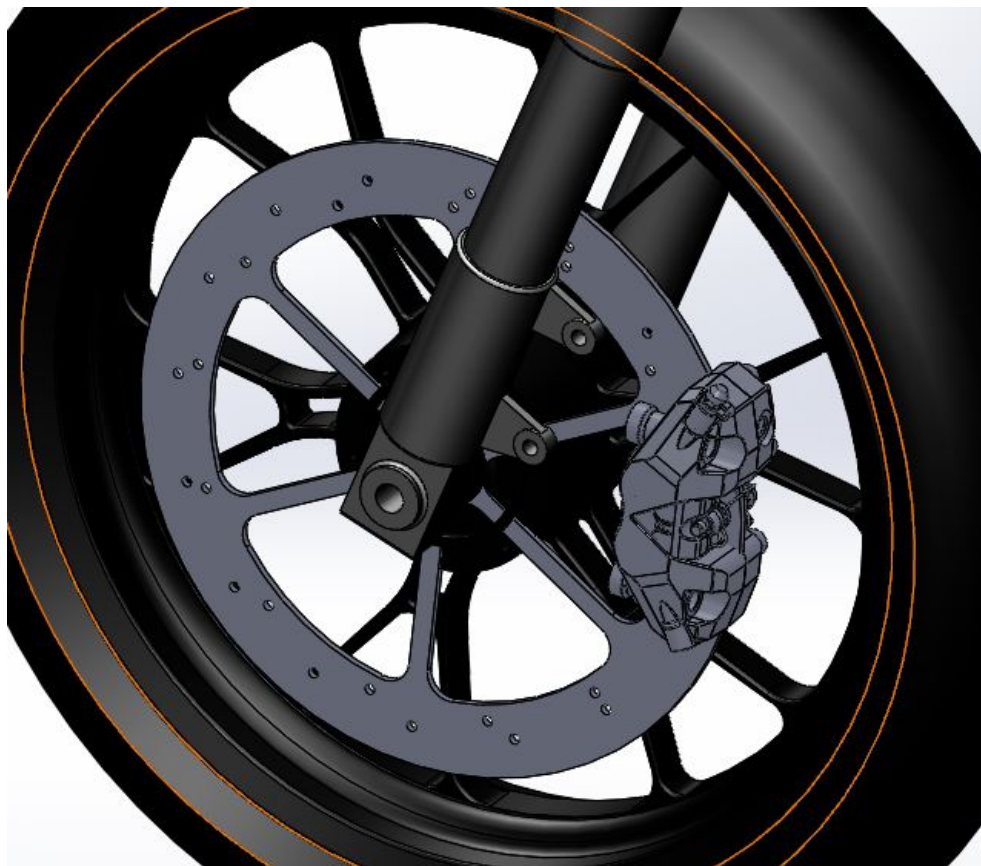


Figura 9.4. Sujeciones horquilla-pinza de freno perpendiculares.

Este aspecto geométrico implica la necesidad de diseñar y fabricar un soporte capaz de unir ambos componentes, sin que se produzcan modificaciones en el buen comportamiento de la horquilla y de la pinza de freno.

El primer diseño que se realizó perseguía este propósito. Para ello se diseñó una especie de "L", pudiendo encajar una cara con la pinza y otra con la horquilla. A esta "L" se le realizaron algunos recortes para evitar interferencias con partes de la pinza de freno y para reducir ligeramente su peso.

Ambas caras del soporte contarían con dos orificios, por los que pasarían los tornillos encargados de unir dicho soporte con los dos componentes. Además se redondearon las aristas vivas para evitar accidentes.

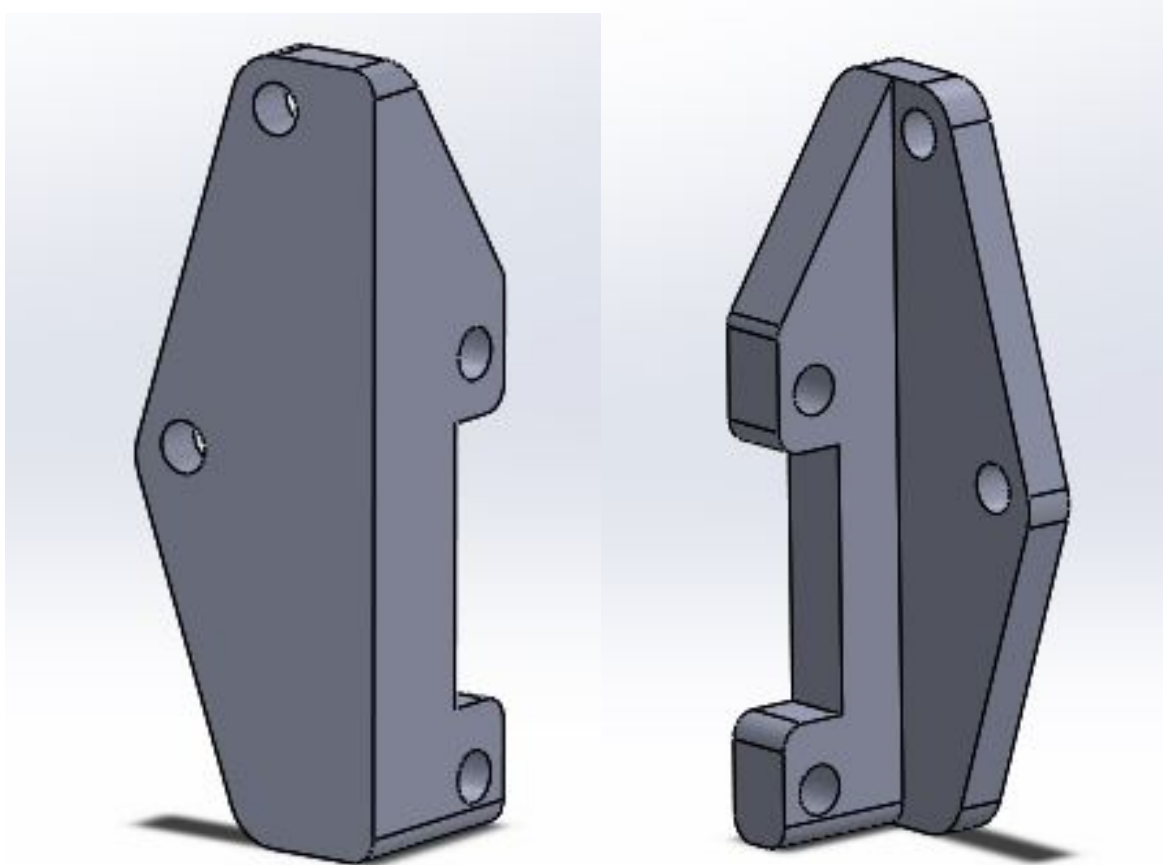


Figura 9.5. Diseño preliminar. Vista isométrica delantera y trasera.

Con este diseño, la necesidad de unir horquilla y pinza queda subsanada. Sin embargo, se deberán realizar los análisis pertinentes para estudiar el comportamiento del componente ante los esfuerzos que se produzcan.

De este estudio se obtendrá la respuesta a si el diseño no aguanta los esfuerzos, si se encuentra sobredimensionado o si está optimizado. A partir de ahí se realizarán las modificaciones –si fuesen necesarias- correspondientes.

El primer paso para la realización de los análisis será, como siempre, el mallado del componente y definición de las condiciones de contorno. El mallado se realizará cada 3mm, para una mayor precisión en el estudio. En lo referido a condiciones de contorno, el componente se fijará a través de los 4 orificios que estarán anclados a horquilla y pinza. En cuanto a la aplicación de carga, ésta será un momento de magnitud 157,5 N.m, de sentido antihorario.

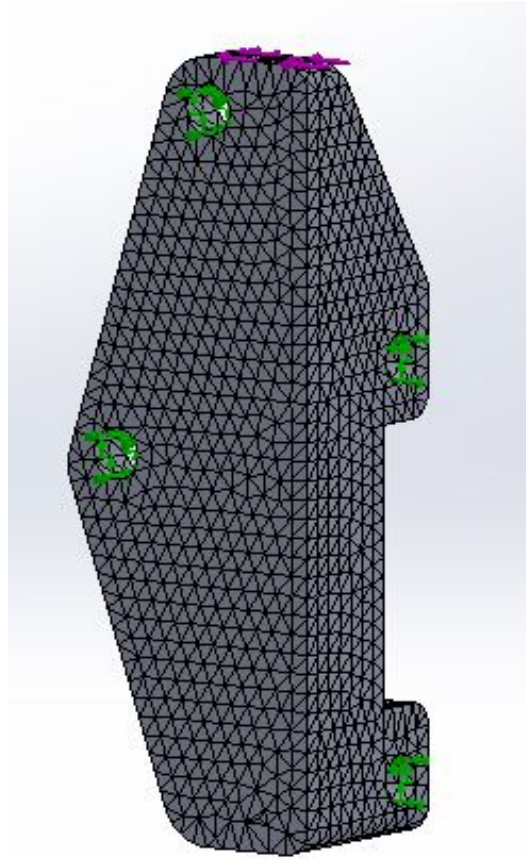


Figura 9.6. Análisis de diseño preliminar. Mallado y condiciones de contorno.

Una vez que se ha realizado el mallado y fijado las condiciones de contorno, así como aplicado el momento que actuará en sentido antihorario, se procederá a la ejecución del análisis.

Se deberá prestar atención a los valores de tensión y deformaciones resultantes, ya que dictarán el camino a seguir en posteriores modificaciones y optimizaciones en el componente.

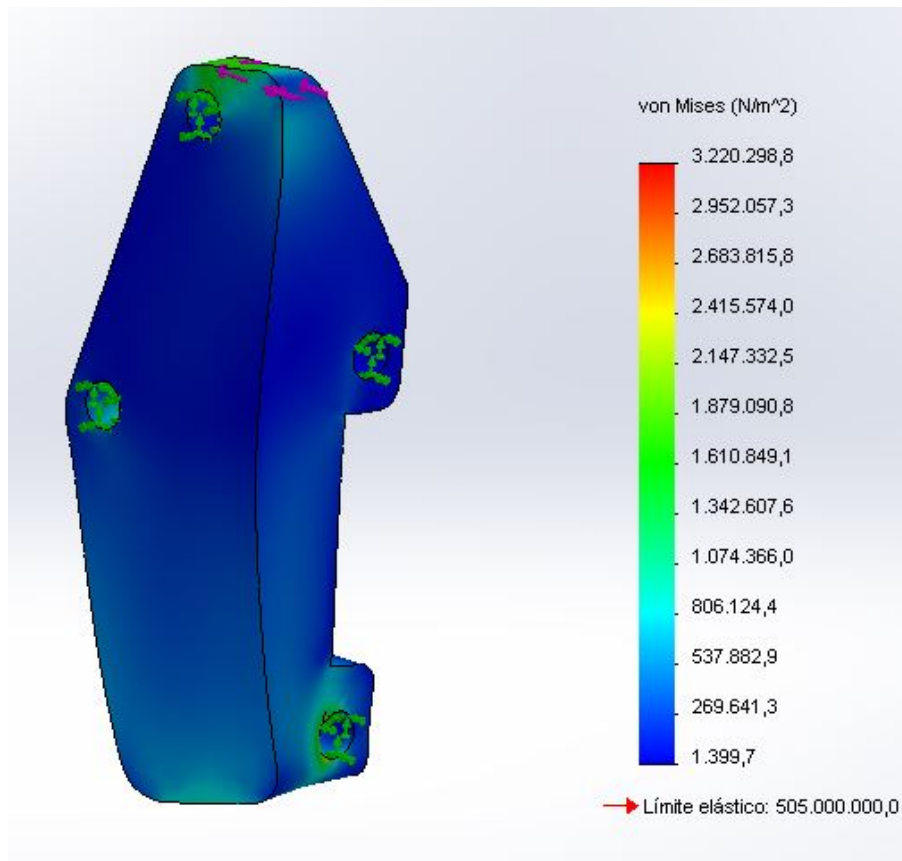


Figura 9.7. Análisis de diseño preliminar. Tensiones.

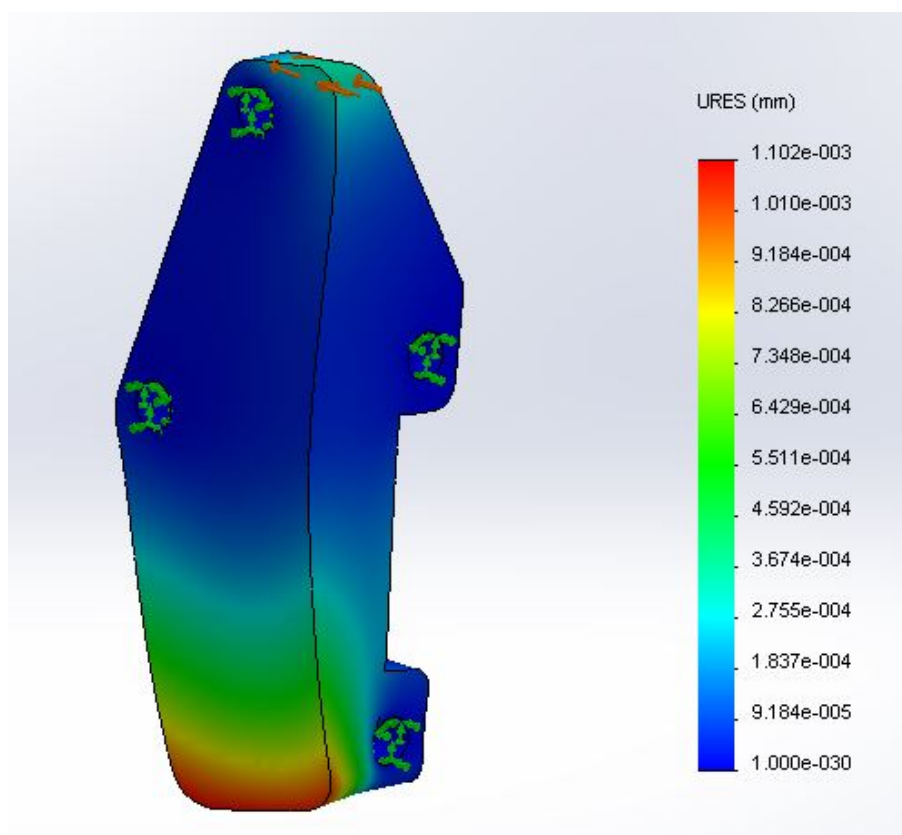


Figura 9.8. Análisis de diseño preliminar. Deformaciones.

A pesar de que en las imágenes se muestre un estado de deformación bastante considerable, no es así, ya que simplemente se muestra exagerado para una mejor percepción.

Al margen de esto se debe prestar atención a la escala de valores. En cuanto al análisis de tensiones, se observa que el punto de mayor concentración de tensiones presenta un valor de 3 MPa. Por otro lado, la mayor deformación apenas alcanza 0,001mm.

Ambos valores son de magnitud totalmente despreciable, lo que indica que el componente se encuentra sobredimensionado. Es por ello que las optimizaciones irán enfocadas a la reducción de material, lo que proporcionará una reducción de peso y mejora en el rendimiento del componente y la motocicleta en general.

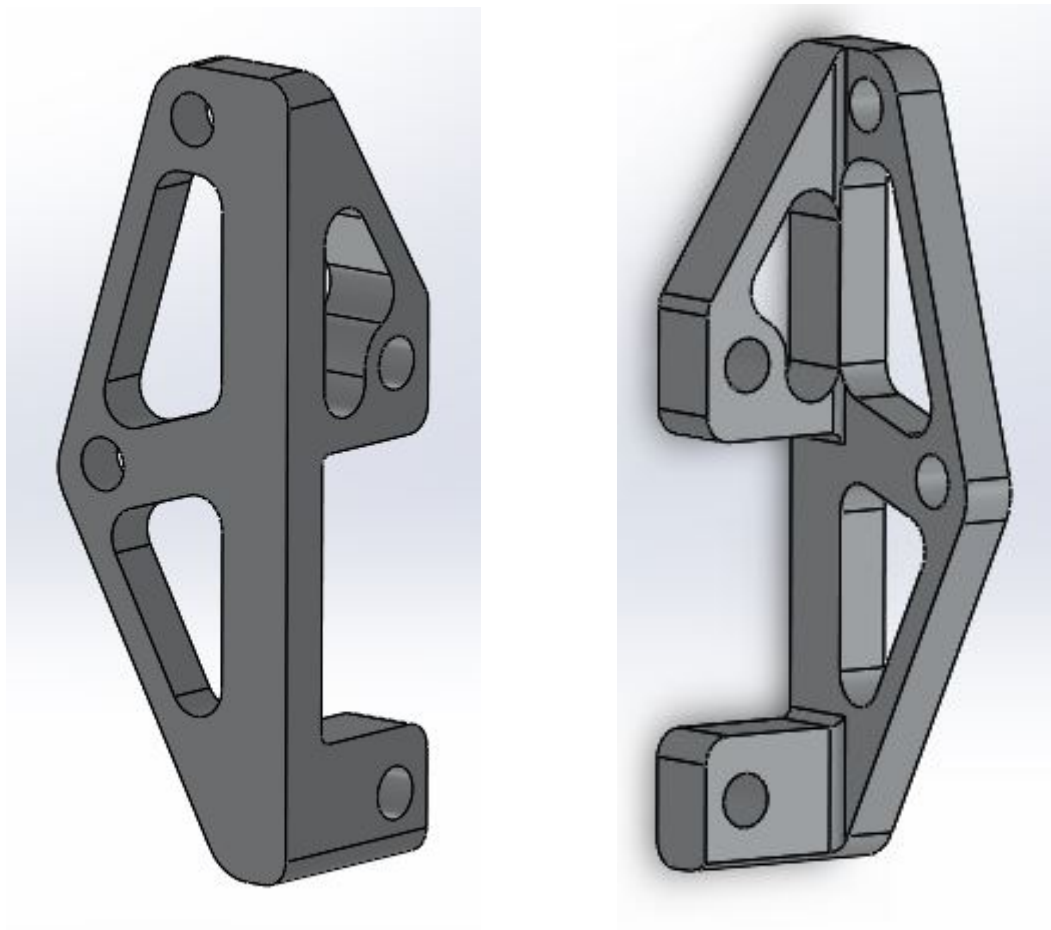


Figura 9.9. Diseño definitivo. Vista isométrica delantera y trasera.

Como puede observarse en las imágenes, las optimizaciones han ido enfocadas, como ya se dijo, a la reducción de peso. Se ha respetado la forma general y dimensiones del soporte, así como la colocación de los orificios, ya que estos encajarán con los anclajes de la horquilla y la pinza de freno. Sin embargo, ambas caras han sido vaciadas e incluso recortadas.

El vaciado de las caras se ha realizado de forma que no se comprometa la resistencia estructural del soporte, pero que sí suponga una importante reducción de peso innecesario.

Una vez que se han realizado estas modificaciones en busca de la optimización, se procederá a analizar el componente mediante el estudio por elementos finitos. De esta forma se comprobará si las modificaciones han seguido una línea acertada e incluso si el modelo se encuentra optimizado.

Para ello, al igual que con el diseño preliminar, se realizará el mallado y se fijará el soporte por sus cuatro orificios. La carga aplicada será la misma: un momento antihorario de 157,5 N.m.

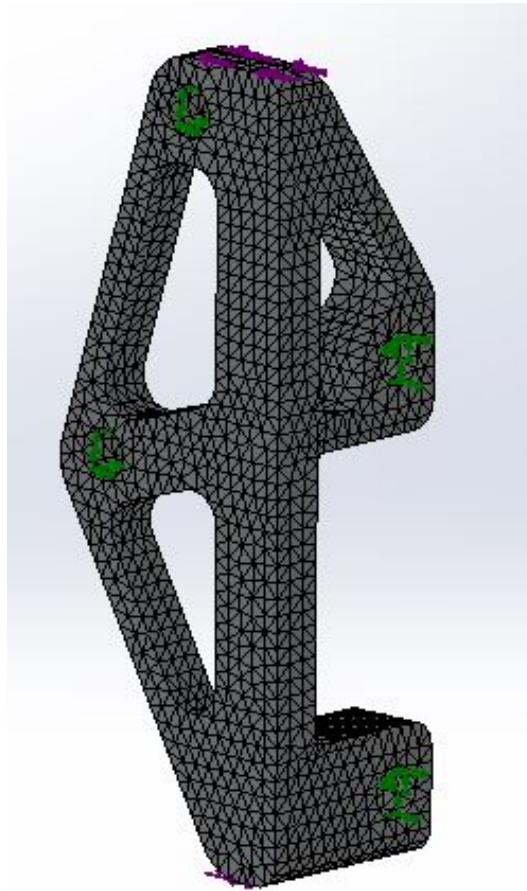


Figura 9.10. Análisis de diseño definitivo. Mallado y condiciones de contorno.

Seguidamente, se procederá a ejecutar el análisis, obteniendo los resultados de tensiones y deformaciones necesarios para evaluar la calidad del diseño.

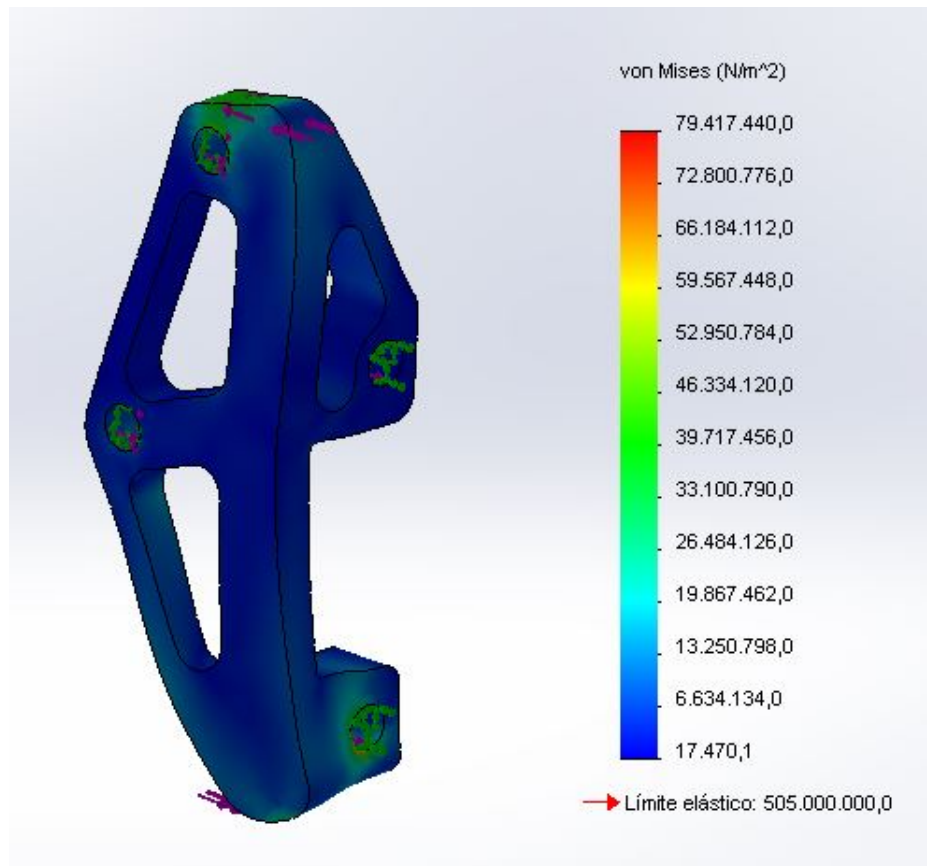


Figura 9.11. Análisis de diseño definitivo. Tensiones.

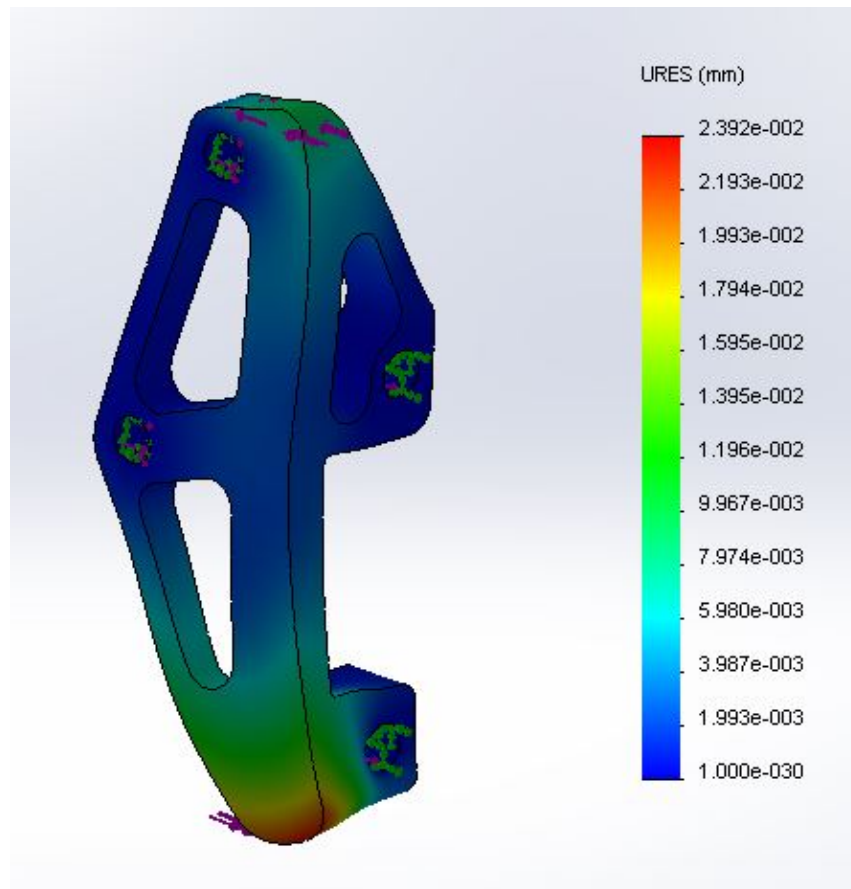


Figura 9.12. Análisis de diseño definitivo. Deformaciones.

Tras realizar los análisis de tensión y deformación, se observa que ambos proporcionan valores más optimizados que en el diseño preliminar.

En el caso de las tensiones, el valor máximo ha pasado de los 3 MPa del diseño preliminar a los 79 MPa actuales. Este aumento de las tensiones se debe a la reducción de material y sección en muchas zonas del soporte. Sin embargo, estos 79 MPa siguen estando alejados del límite de rotura y elástico del aluminio 7075-T6.

En cuanto a las deformaciones, el valor máximo también ha aumentado considerablemente hasta los 0,02 milímetros. Al igual que ocurre con las tensiones, este valor sigue siendo bajo.

Sin embargo, aunque los valores obtenidos aún son susceptibles de mejorar, se considerarán adecuados y el diseño será calificado de óptimo. Esta decisión se debe a que el soporte constituye una zona crítica de la motocicleta, ya que será el encargado de sustentar la pinza de freno delantera. Un fallo en esta zona podría suponer un grave peligro, por lo que el coeficiente de seguridad se aumentará para este componente, considerando óptima una tensión máxima de 79 MPa y una deformación de 0,02 milímetros.

Una vez que se ha alcanzado el diseño óptimo del componente, se procederá a su fabricación.

9.3. Proceso de fabricación

En el caso de este elemento auxiliar, el proceso de fabricación no conllevará varias etapas o componentes, sino que se planteará en una sola etapa. Esto se debe a que el soporte para la pinza de freno delantera solo se compone de un elemento, no de la suma de varios como en componentes anteriores.

El material usado para su fabricación será el mismo utilizado para el resto de elementos auxiliares: el aluminio 7075-T6.

9.3.1. Soporte de la pinza de freno delantera

La fabricación del soporte de la pinza de freno delantera, como ya se ha mencionado, se realizará en una sola etapa, es decir, con un solo elemento. Para ello se partirá de un bloque de aluminio 7075-T6 de dimensiones 150x40x60 milímetros.

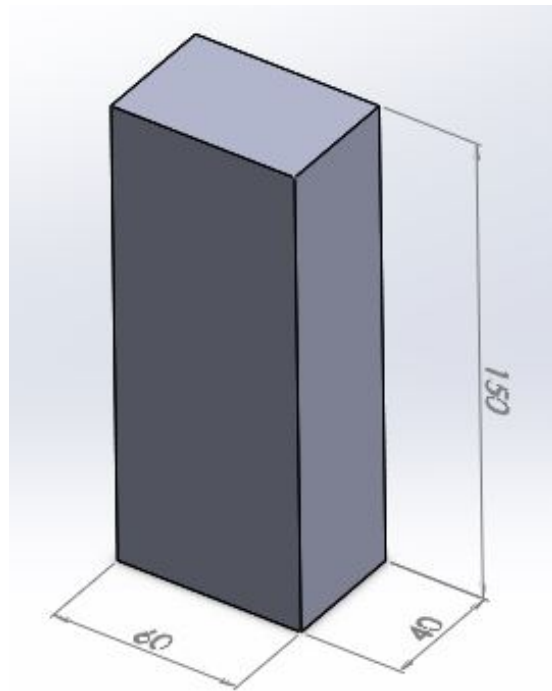


Figura 9.13. Fabricación. Bloque de aluminio 7075-T6.

El primer paso será, como en la mayoría de los casos, proporcionar a la pieza su forma general. Para ello, siguiendo las cotas presentes en los planos, se desbastará material al bloque hasta que se obtenga una pieza en forma de "L".

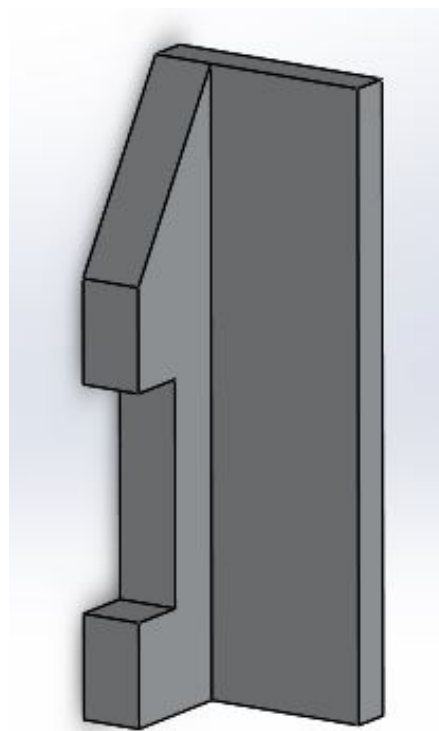


Figura 9.14. Fabricación. Forma general.

Seguidamente, será el turno de mecanizar la cara destinada a ser unida con la barra de la horquilla. Para ello se realizará un desbaste de material hasta obtener una cara triangulada, a la cual además se le redondearán las esquinas con un radio de 10 milímetros.

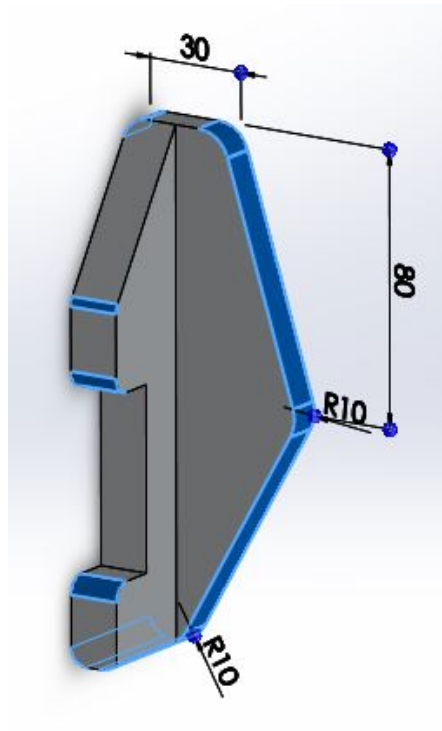


Figura 9.15. Fabricación. Cara triangulada.

Posteriormente, se realizarán los taladros destinados a alojar los tornillos que unan el soporte tanto con las horquillas como con la pinza de freno. Por ello, estos taladros se realizarán en ambas caras, dependiendo sus cotas y distribución de las características de horquilla y pinza.

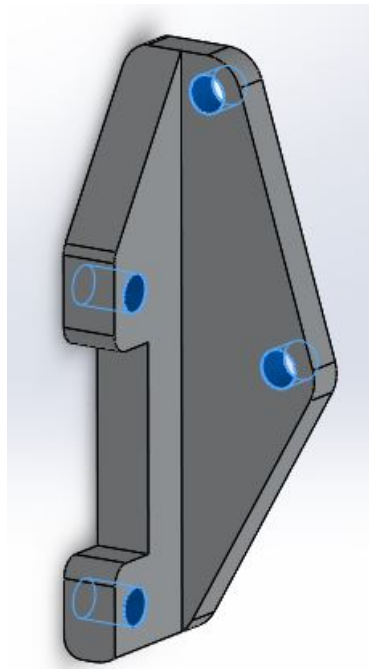


Figura 9.16. Fabricación. Orificios.

Tras realizar los taladros se procederá al mecanizado de la cara que ensamblará con la barra de la horquilla. Se realizará un corte en dicha cara, manteniendo tan solo las dos zonas que poseen orificios. El resto de la cara será eliminada.

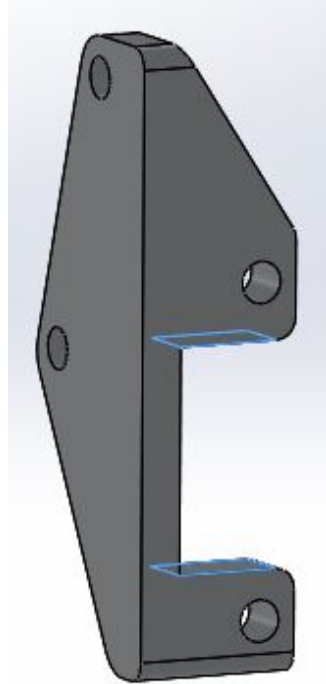


Figura 9.17. Fabricación. Recorte de cara.

Tras finalizar el mecanizado de las dos caras, se podrá proceder a las operaciones destinadas a la reducción de peso. Para ello se realizarán tres vaciados -uno en la cara que dará a la horquilla y dos en la cara que dará a la pinza-. Las geometrías y cotas de estos vaciados se encuentran recogidos en el *Anexo 4: Planos*.

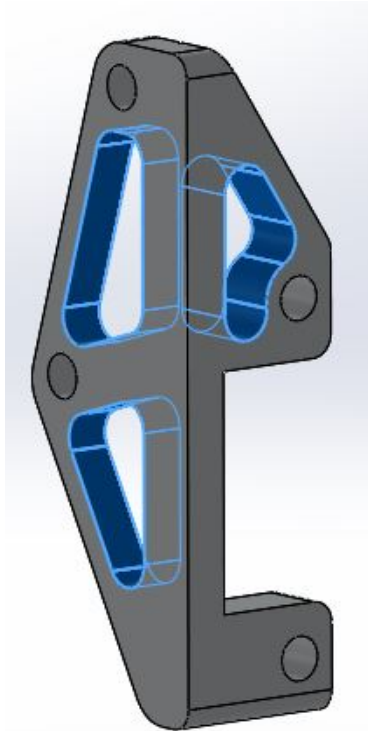


Figura 9.18. Fabricación. Vaciados.

Por último, se realizará un redondeo de 2mm de las aristas vivas interiores, a fin de conseguir un diseño más suave y estético, evitando también posibles accidentes.

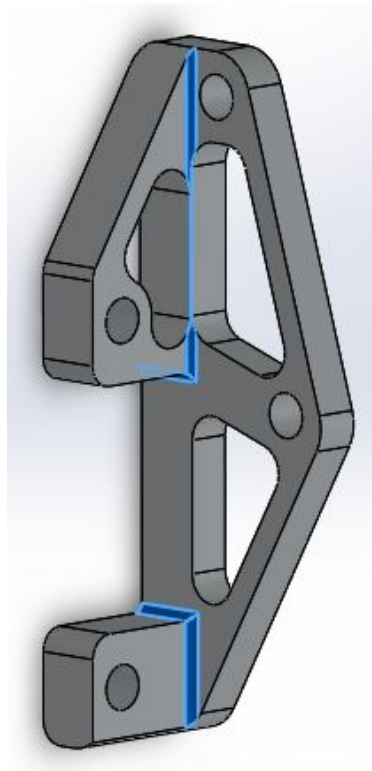


Figura 9.19. Fabricación. Redondeos.

9.3.2. Ensamblaje

Tras finalizar la fabricación completa del soporte para la pinza de freno delantera, se llevará a cabo el ensamblaje de ésta con dicha pinza, así como con la barra de la horquilla.

Durante el ensamblaje se deberá prestar especial atención a la colocación de la pinza de freno, de modo que ésta quede fijada en la posición correcta, evitando así posibles tensiones adicionales en el soporte.

En cuanto a la colocación del soporte, se evita la posible aparición de dudas, ya que la geometría de éste hace que su ensamblaje con el resto de componentes solo se pueda finalizar si está colocado correctamente.

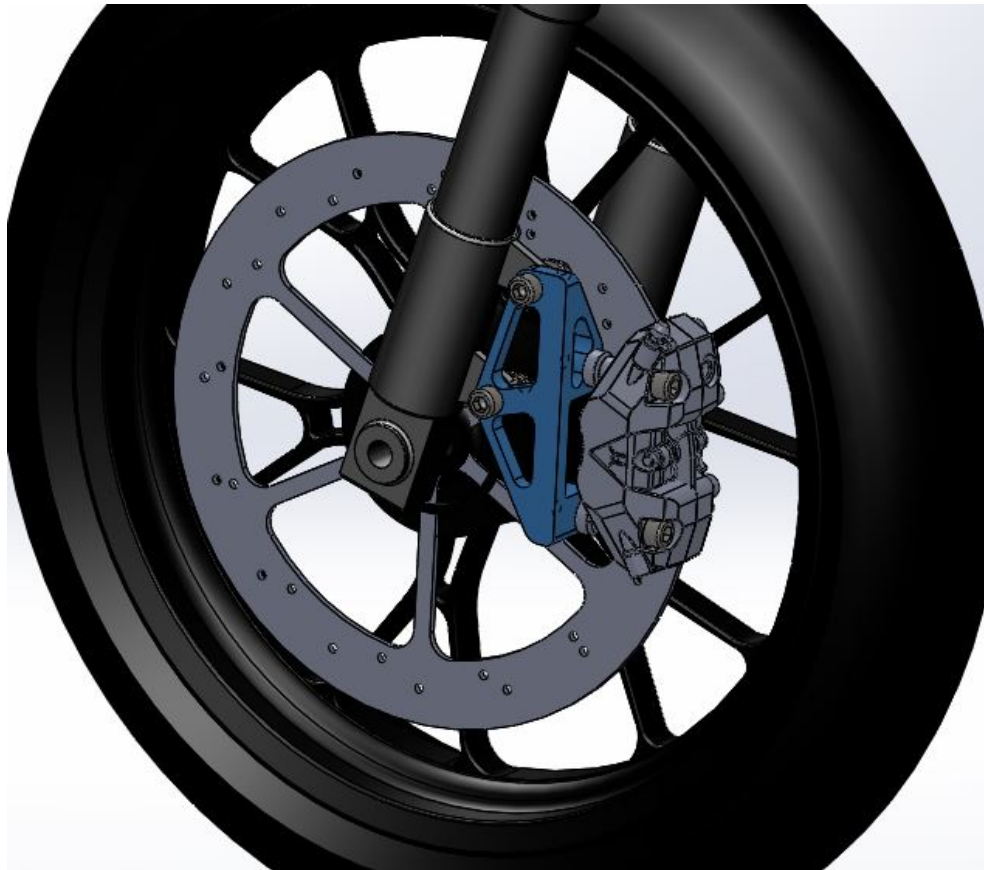


Figura 9.20. Fabricación. Ensamblaje. Vista cercana.

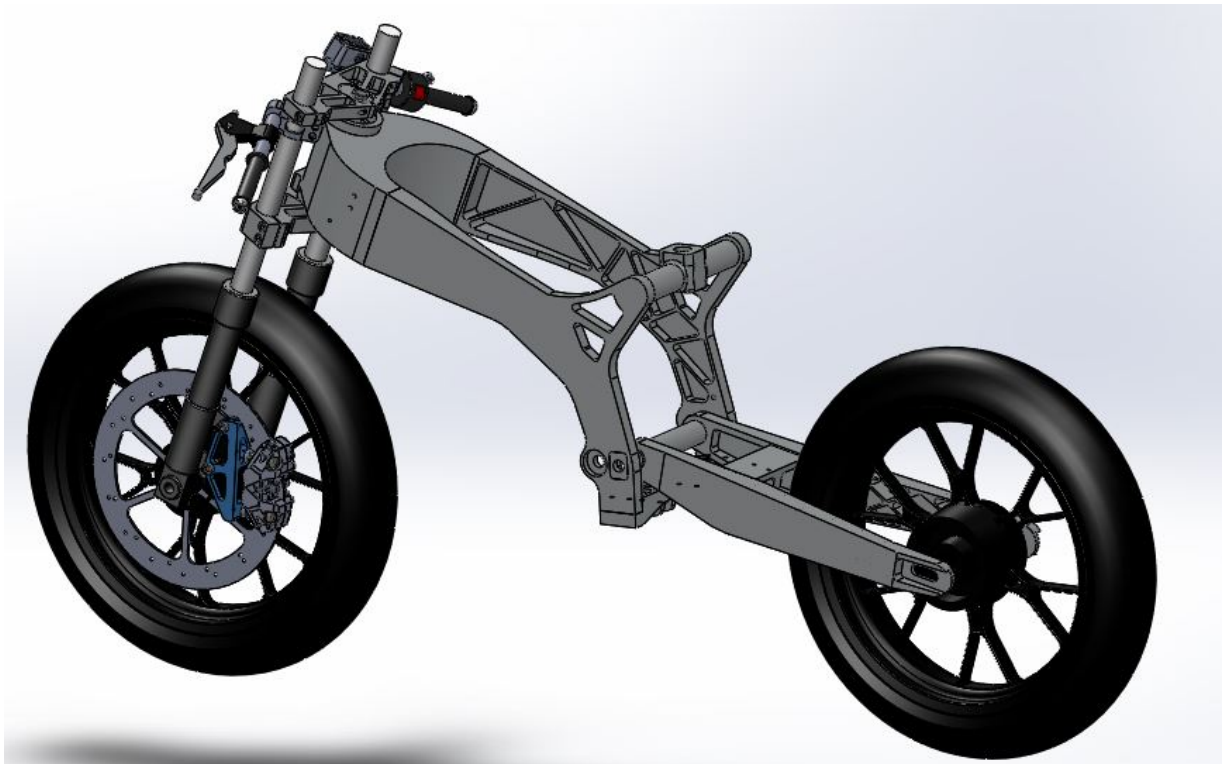


Figura 9.21. Fabricación. Ensamblaje. Vista general.

10. SOPORTE DE LA PINZA DE FRENO TRASERA

Tras el diseño del soporte para la pinza de freno delantera, se planteará el diseño de su homólogo: el soporte para la pinza de freno trasera.

El diseño de este componente resultará algo más sencillo que el anterior, por el hecho de que los objetivos, problemas e incluso esfuerzos serán muy similares en ambos casos, pudiendo trasladarse al diseño del presente componente.

En el caso de este soporte, el objetivo será unir la pinza de freno trasera con el basculante y el eje de la rueda trasera. A diferencia que en el soporte de la pinza de freno delantera, no se requerirá un diseño en "L", ya que los orificios de la pinza de freno y del basculante se encuentran en el mismo plano.

Al igual que con el resto de elementos auxiliares estudiados hasta el momento, el primer paso será el cálculo de esfuerzos. Posteriormente se realizarán los diferentes diseños en busca de la optimización y finalmente se fabricará.

10.1. Cálculo de esfuerzos

Como se hizo para el soporte de la pinza de freno delantera, el primer punto clave será entender el funcionamiento de una pinza de freno y, por consiguiente, de su soporte.

En el caso del disco de la rueda trasera, el cual girará con la rueda, irá encajado en el interior de la pinza de freno. Concretamente se encontrará entre las dos pastillas de la pinza. Estas pastillas, al accionarse el freno, serán comprimidas una contra otra mediante unos pistones. En el camino de esta compresión, ambas pastillas se encontrarán con el disco en medio, el cual será por tanto comprimido, provocando su deceleración. Este proceso provoca la generación de importantes tensiones en la zona, así como una gran disipación de calor.

Como ya se ha mencionado, todo el proceso es prácticamente homólogo al que ocurría en la pinza delantera.

Debido a la inercia que lleva el disco por su movimiento angular con la rueda, la acción de la pinza de freno, provocando su deceleración, producirá la aparición de un momento. Dicho momento será transmitido al soporte que se diseñe para fijar la pinza de freno. En este caso el momento se transmitirá a la rueda trasera y, al estar situado el disco en la parte derecha, el momento generado será horario.

Como en los elementos auxiliares diseñados previamente, se deberá considerar todas las posibles situaciones que puedan darse durante el funcionamiento de la motocicleta.

En el caso del soporte para la pinza de freno trasera, la otra situación a tener en cuenta será cuando, debido a la fuerza de la frenada, la rueda trasera se levante y quede en el aire. En ese momento, debido a la ausencia de contacto con el suelo, la rueda trasera se bloqueará, desapareciendo las tensiones existentes.

Debido a que la situación crítica será aquella en que la frenada sea máxima, y dicha situación llevará al levantamiento de la rueda trasera y su bloqueo, el cálculo de esfuerzos será idéntico al del soporte para la pinza delantera, pero aplicando un coeficiente de 0,9. Este coeficiente tendrá dos efectos: por un lado supondrá que el esfuerzo máximo generado sea solo el 90% del generado en la rueda delantera, debido a que cuando se va a alcanzar el estado crítico la rueda trasera se levanta y bloquea; por otro lado se conseguirá tener en cuenta las diferentes potencias de los sistemas de freno, es decir, el hecho de que el freno delantero posee una mayor potencia de acción que el trasero.

En definitiva, se realizará el cálculo de esfuerzos homológamente al soporte de la pinza delantera, aplicándole finalmente un coeficiente de 0,9.

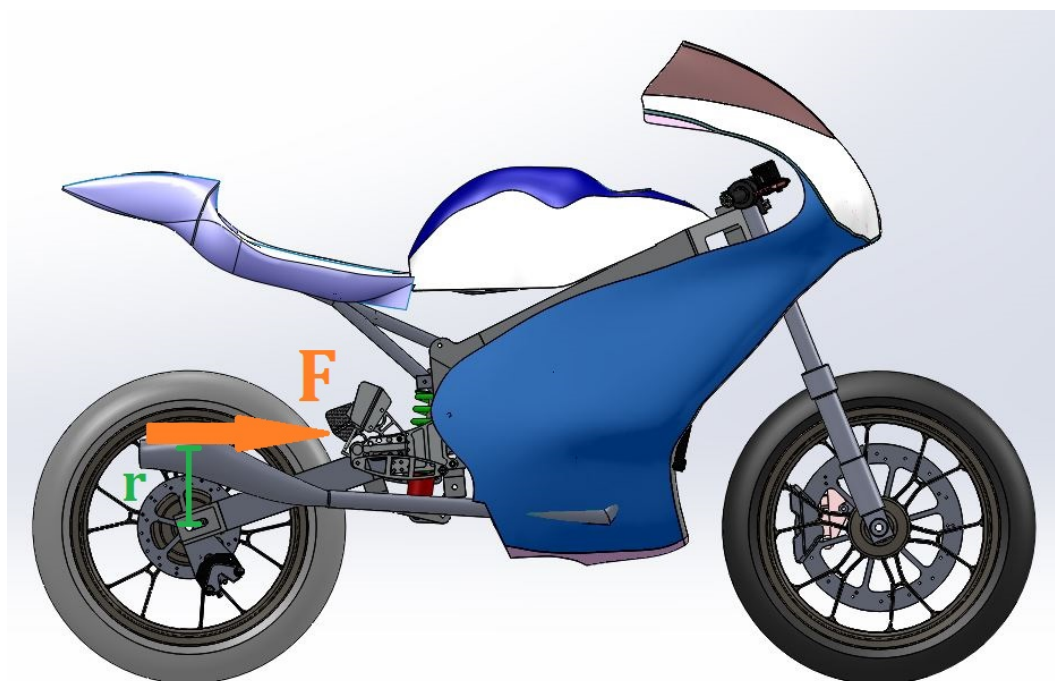


Figura 10.1. Cálculo de esfuerzos. Fuerza y radio.

En primer lugar se deberá averiguar qué magnitud tiene la fuerza que se ha de vencer para frenar la motocicleta. Esta fuerza, a su vez provocará un momento en sentido horario de magnitud $\text{Momento} = \text{Fuerza} \times \text{radio}$. Dicho momento será el que se deberá aplicar a la pieza en los sucesivos análisis por elementos finitos que se realicen.

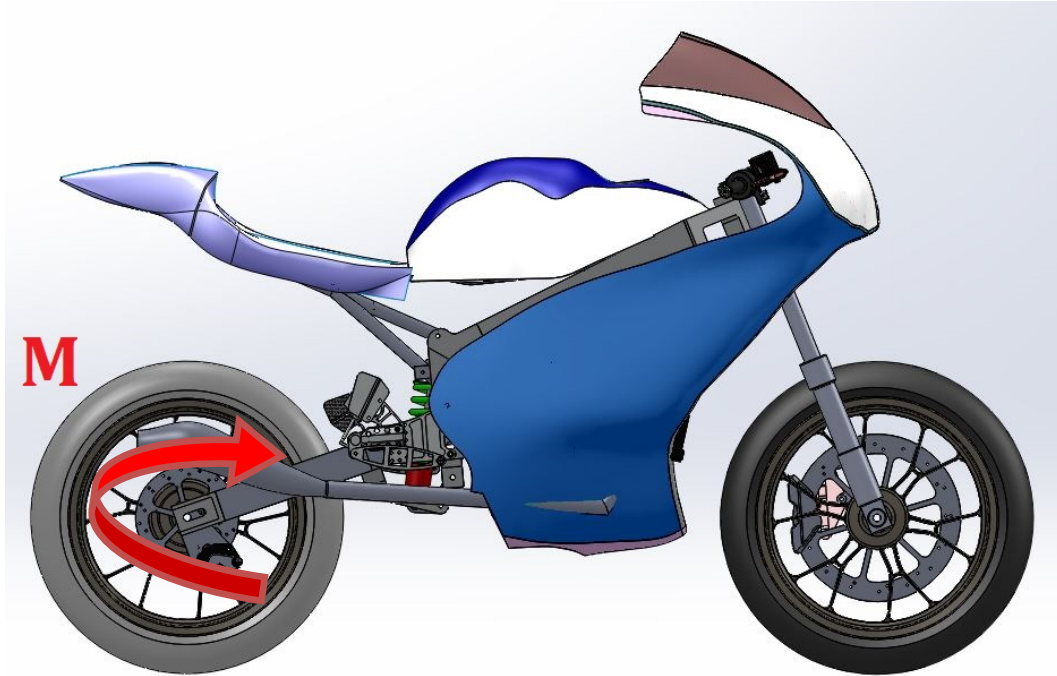


Figura 10.2. Cálculo de esfuerzos. Momento.

Para poder calcular la magnitud de la Fuerza, se deberá conocer de dónde procede. Dicha fuerza vendrá de la inercia que posee el conjunto motocicleta-piloto debido a su movimiento.

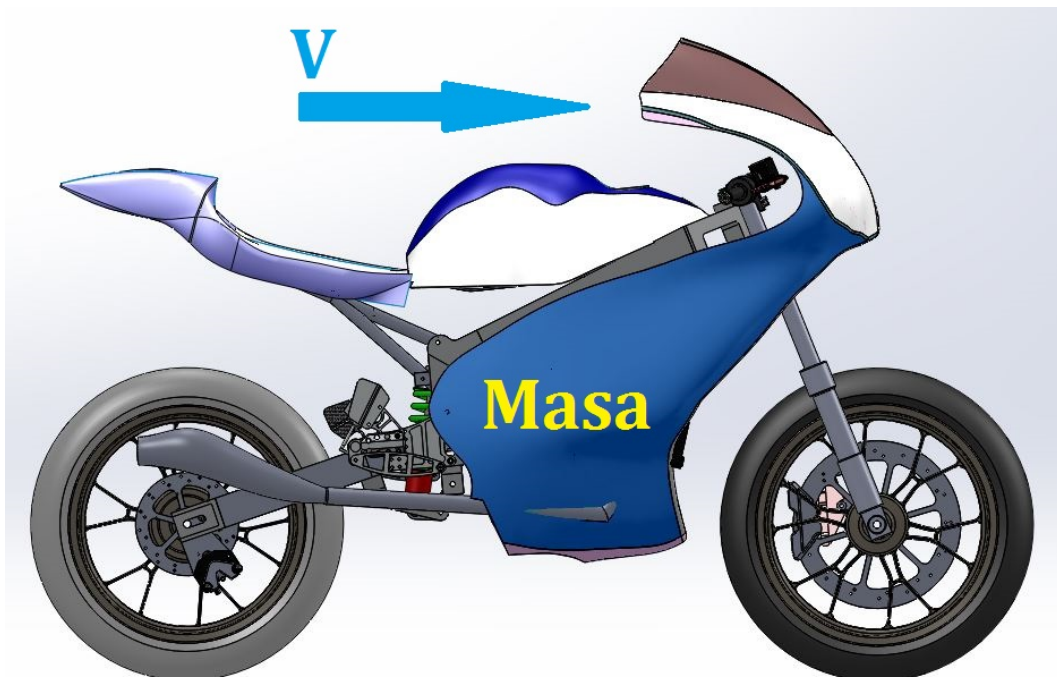


Figura 10.3. Cálculo de esfuerzos. Velocidad y masa.

Como consecuencia del movimiento, el conjunto motocicleta-piloto llevará una velocidad y poseerá una masa. El producto de ambas cosas dará la cantidad de movimiento (p) del conjunto. Tomando como velocidad máxima alcanzable por la motocicleta 200 km/h (55,5 m/s) y la masa del conjunto 150 kg:

$$p_{\text{máxima o inicial}} = m \times v = 150 \times 55,5 = \mathbf{8333,3 \text{ kg.m/s}}$$

Sabiendo que:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}; \quad \vec{F} * dt = d\vec{p};$$

$$\int_{t_1}^{t_2} \vec{F} * dt = \int_{p_1}^{p_2} d\vec{p};$$

$$p_2 - p_1 = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} * dt;$$

$$\Delta p = J = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} * dt;$$

Siendo J el impulso.

La cantidad de movimiento máxima o inicial antes de comenzar la frenada ha sido calculada, fijándose en 8333,3 kg.m/s. Mientras que la cantidad de movimiento final será la resultante cuando la motocicleta se encuentre parada, siendo:

$$p_{\text{final}} = m \times v = 150 \times 0 = \mathbf{0 \text{ kg.m/s}}$$

Una vez calculado esto se está en disposición de obtener J :

$$J = p_2 - p_1 = 0 - 8333,3 = \mathbf{-8333,3 \text{ kg.m/s}}$$

Habiendo obtenido el impulso, y comprobado en las especificaciones del fabricante que el tiempo empleado por la motocicleta para pasar de 200km/h a 0km/h son 8 segundos, se estará en disposición de poder calcular finalmente la Fuerza que se buscaba desde el inicio:

$$Fuerza = \frac{J}{\text{tiempo}} = \frac{8333,3}{8} = 1042 \text{ N} \rightarrow \mathbf{1050 \text{ N}}$$

Por último, se podrá calcular el momento provocado por dicha fuerza. Teniendo en cuenta que la distancia desde el eje de la rueda trasera hasta la fuerza son 125 milímetros, al ser el disco más pequeño que el delantero.

$$M = F \times \text{radio} = 1050 \times 0,125 = \mathbf{132 \text{ N.m}}$$

Será a este momento de magnitud 132 N.m al que se deba aplicar el coeficiente de 0,9.

$$M_{aplicado} = 132 \times 0,9 \cong \mathbf{120 \text{ N.m}}$$

Finalmente, será este momento de 120 N.m. el que se aplique a la pieza durante los análisis por elementos finitos que se realicen. De esta forma se estará diseñando el componente de una forma óptima, asegurando su buen funcionamiento en cualquier situación que se pudiese plantear.

10.2. Diseño, análisis y optimización

Para poder comenzar con el diseño del soporte para la pinza de freno trasera, se deberá tener clara cuál es la situación y qué problemas se han de solventar.

Para ello, como ya se hizo para el soporte de la pinza delantera, se observarán y estudiarán las características geométricas de la pinza de freno y el resto de componentes. En este caso se prestará especial atención a la geometría del basculante diseñado por el equipo. Tras este estudio se observa que los anclajes de la pinza y del basculante se encuentran situados en el mismo plano, es decir, no existirán problemas en este caso para unir ambos componentes.

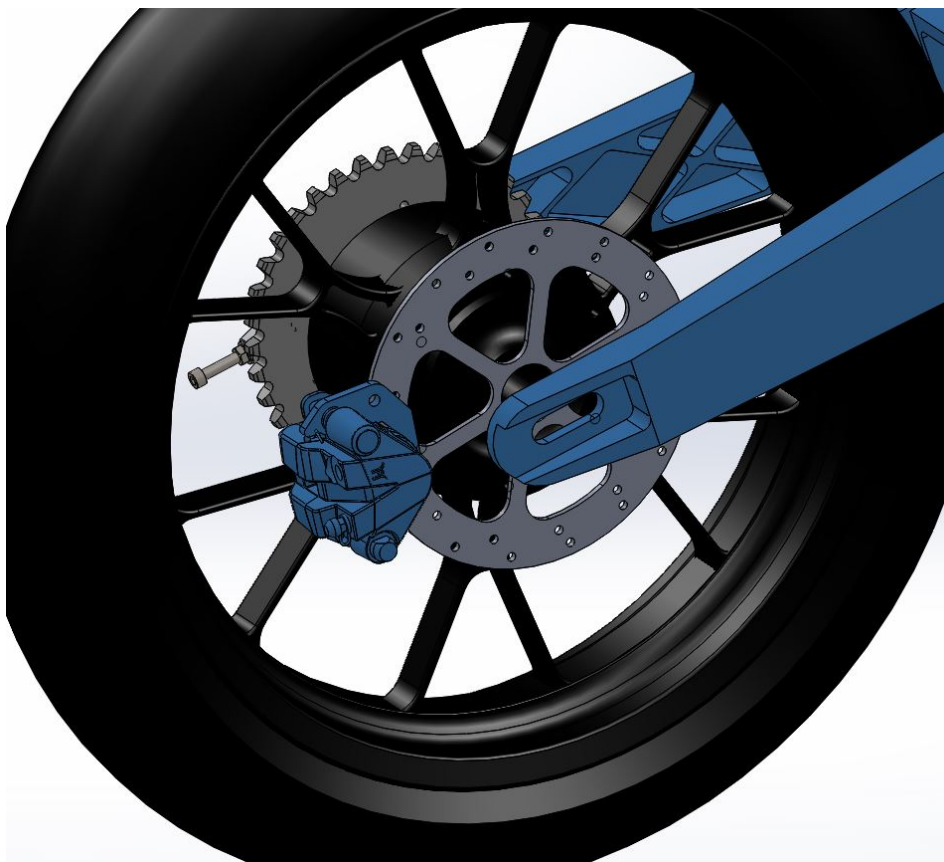


Figura 10.4. Diseño. Situación a solventar.

El estudio de la situación revela que no es necesario el diseño de un componente en forma de "L" como se hizo para la pinza delantera. El diseño se podrá realizar en un solo plano y deberá incluir dos anclajes que se unirán con la pinza de freno y un orificio por el que pasará el eje de la rueda trasera, uniéndolo con el basculante y dicha rueda.

El primer diseño que se realizó poseía una forma general triangulada, ideal para enlazar pinza de freno y basculante. Las cotas y dimensiones se encontraban condicionadas por la colocación de dicha pinza y las dimensiones del basculante.

Todas las esquinas se encontraban redondeadas, aportando una mejor apariencia y evitando posibles accidentes.

Además, dicho diseño ofrecía un saliente situado en el orificio destinado al eje de la rueda trasera. Dicho saliente tenía como objetivo ofrecer cierto apoyo al eje, reduciendo de esta forma algunas tensiones.

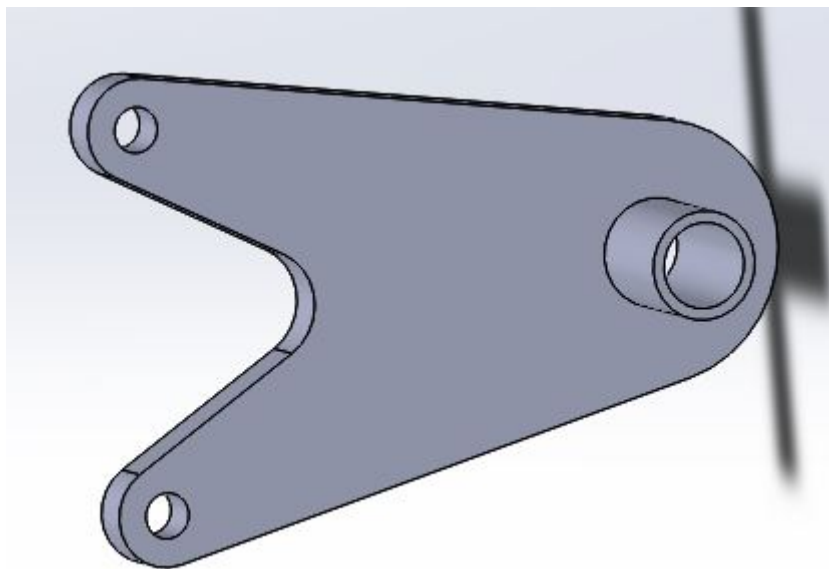


Figura 10.5. Diseño preliminar.

Con este primer diseño, el problema de unir pinza y basculante queda resuelto. Sin embargo, se deberán realizar los análisis pertinentes para estudiar el comportamiento del componente ante los esfuerzos que se produzcan.

De este estudio se obtendrá la respuesta a si el diseño no aguanta los esfuerzos, si se encuentra sobredimensionado o si está optimizado. A partir de ahí se realizarán las modificaciones que el componente requiera.

El primer paso, como ya lo fue anteriormente, para la realización de los análisis será el mallado del componente y definición de las condiciones de contorno. El mallado se realizará cada 3mm, para una mayor precisión en el estudio. En lo referido a condiciones de contorno, el componente se fijará a través de los dos orificios que estarán anclados a la pinza y el orificio grande por el cual pasará el eje de la rueda trasera. En cuanto a la aplicación de carga, ésta será un momento de sentido horario y magnitud 120 N.m.

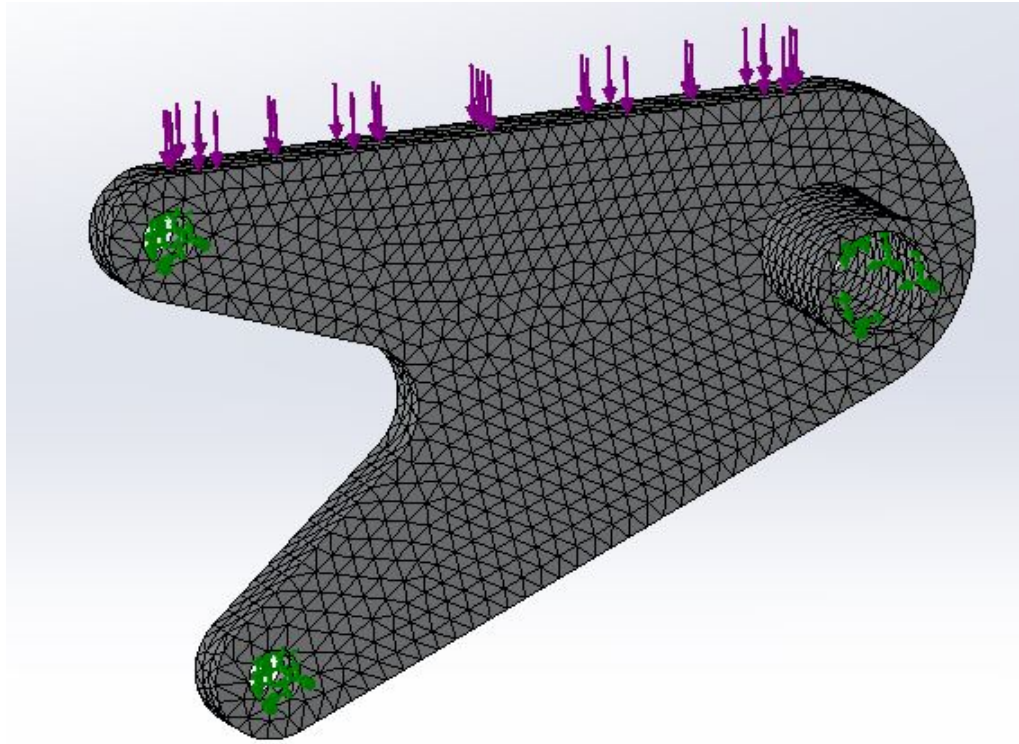


Figura 10.6. Análisis de diseño preliminar. Mallado y condiciones de contorno.

Una vez que se tiene la pieza mallada, fijada y con las cargas aplicadas, así como seleccionado el aluminio 7075-T6 como el material a emplear, se podrá proceder a ejecutar el análisis de elementos finitos.

Se prestará atención a los valores de tensión y deformación obtenidos en dichos análisis, ya que estos marcarán el camino a seguir en posteriores modificaciones, a fin de encontrar la optimización del componente.

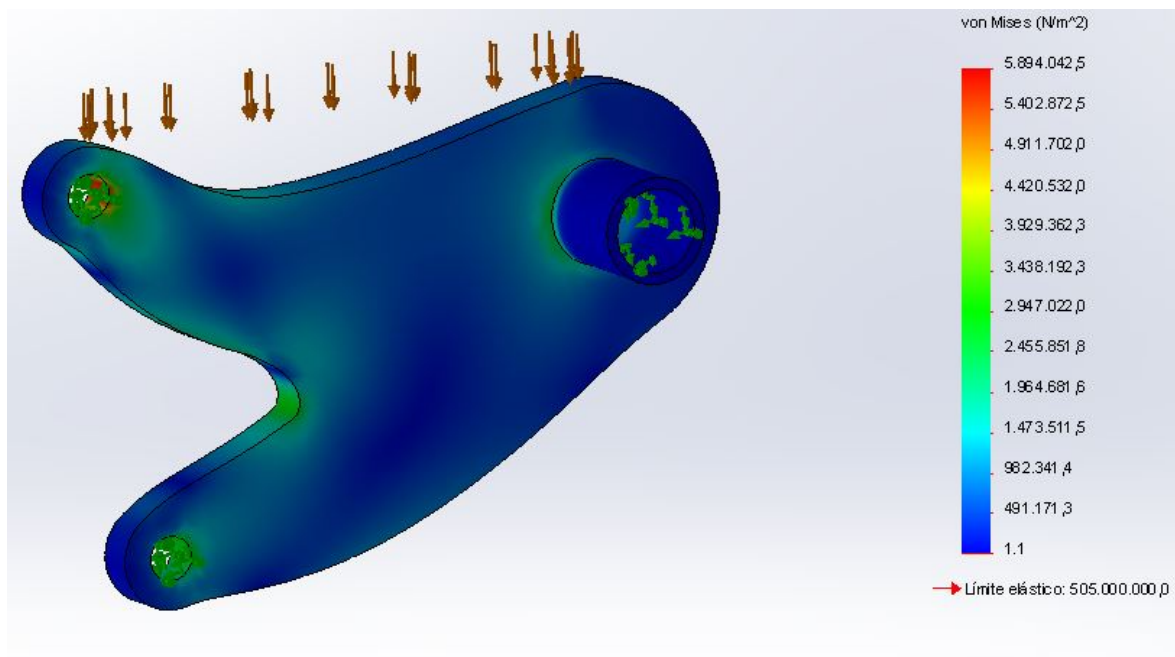


Figura 10.7. Análisis de diseño preliminar. Tensiones.

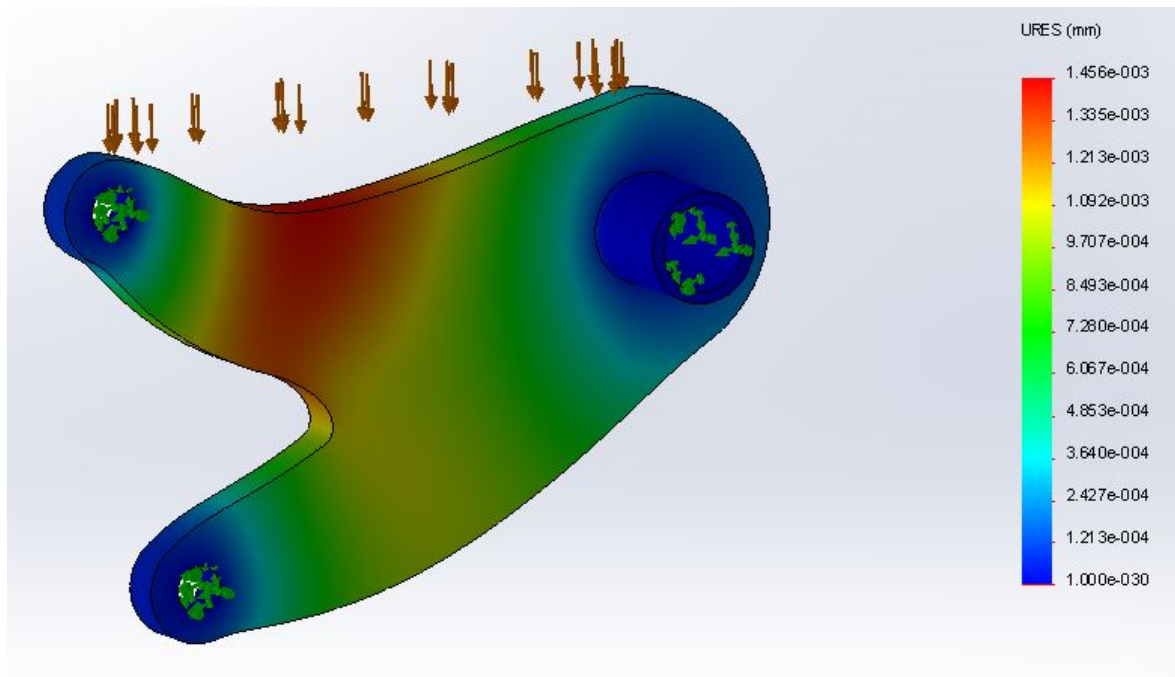


Figura 10.8. Análisis de diseño preliminar. Deformaciones.

A pesar de que el programa nos ofrece una visión exageradamente deformada del componente, se deberá obviar los efectos visuales y tan solo fijarse en los valores obtenidos. Este estado de deformación exagerado simplemente ayuda a entender en qué zonas se produce una mayor acumulación de tensiones y deformaciones.

Al margen de todo esto, el análisis de tensiones muestra que la mayor tensión generada en el componente no llega a los 6 MPa, siendo éste un valor muy bajo.

En cuanto a las deformaciones producidas en el elemento auxiliar, el punto de mayor deformación presentará 0,001 milímetro. Es decir, un valor totalmente inapreciable y, por tanto, despreciable.

Una vez más, el diseño se encuentra sobredimensionado, existiendo aún un gran margen de mejora. Es por ello que se realizarán varias modificaciones, principalmente enfocadas a la reducción de peso, con el objetivo de optimizar el diseño.

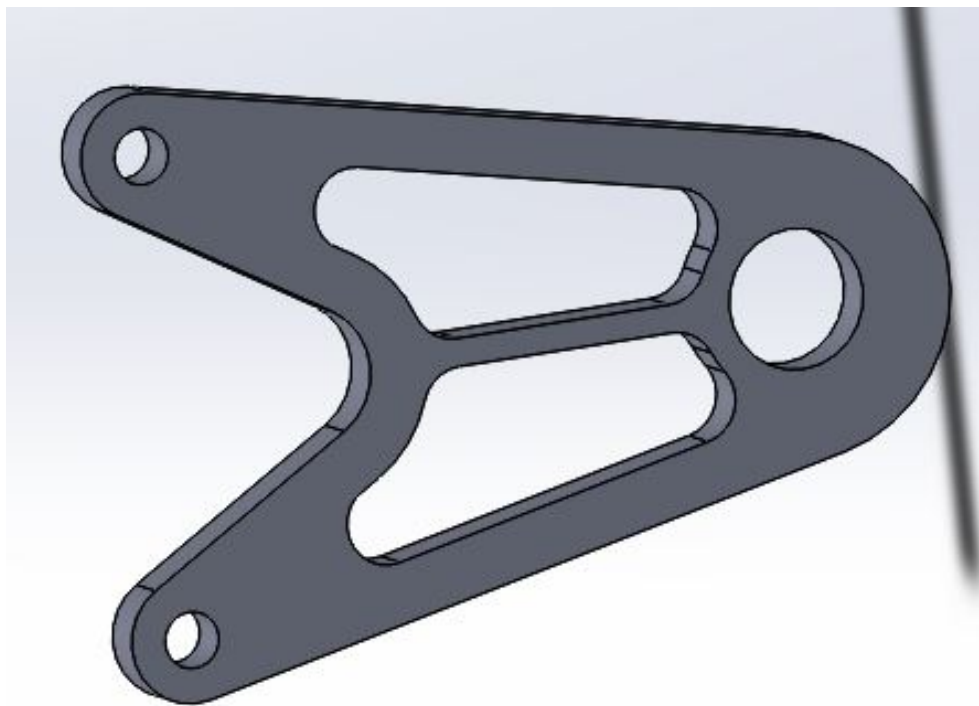


Figura 10.9. Diseño definitivo.

La forma general del componente y la distribución de los orificios se ha respetado, ya que todas estas características geométricas dependen directamente de la pinza y el eje trasero.

Como gran modificación se han producido dos vaciados de gran parte del material de la zona central, dejando tan solo un tirante de 4 milímetros.

Además se ha eliminado el soporte destinado a proporcionar apoyo al eje en el orificio grande, tras observar que su colocación era innecesaria.

Todas estas mejoras han provocado una reducción del peso desde los 140 gramos del diseño preliminar a los 90,25 gramos de éste. Sin embargo, se deberá comprobar que el diseño no ha visto mermada su rigidez estructural. Para ello se procederá a realizar nuevamente el análisis por elementos finitos.

En primer lugar se volverá a definir las condiciones de contorno y mallado de la pieza, siendo todo esto idéntico a como se hizo en el diseño preliminar.

Nuevamente se volverá a aplicar al componente un momento de sentido horario y magnitud 120 N.m.

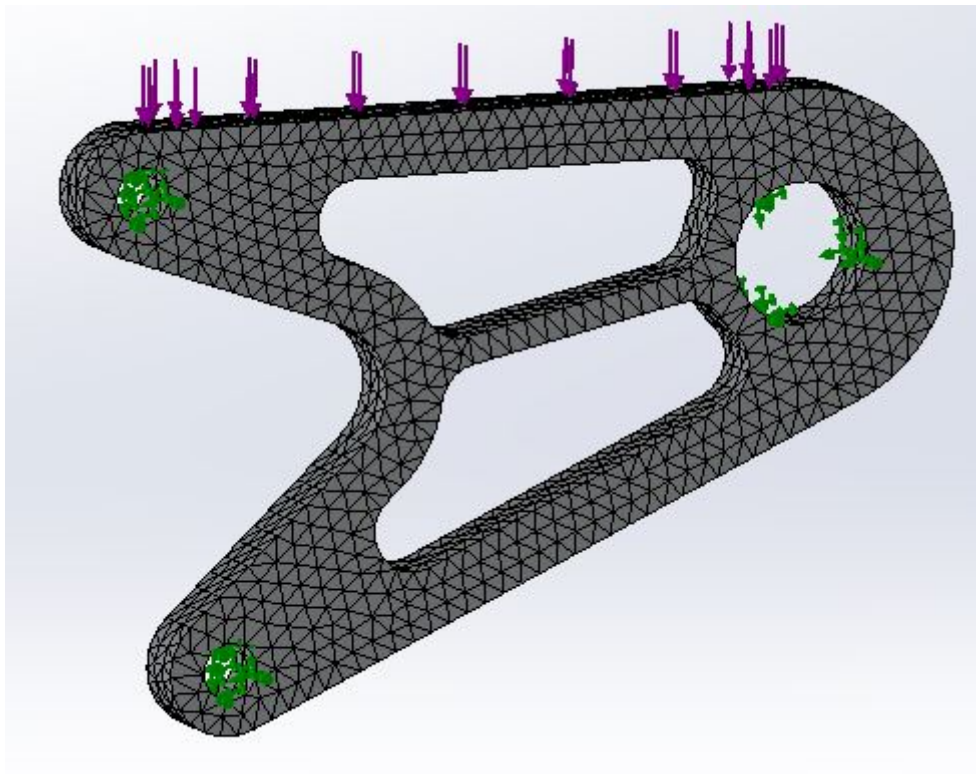


Figura 10.10. Análisis de diseño definitivo. Mallado y condiciones de contorno.

Una vez que se tiene el componente listo, se procederá a ejecutar el análisis por elementos finitos. Se deberá observar la variación que han sufrido los valores de tensiones y deformaciones, decidiendo si el componente ha mejorado, ha empeorado o si ya se encuentra optimizado.

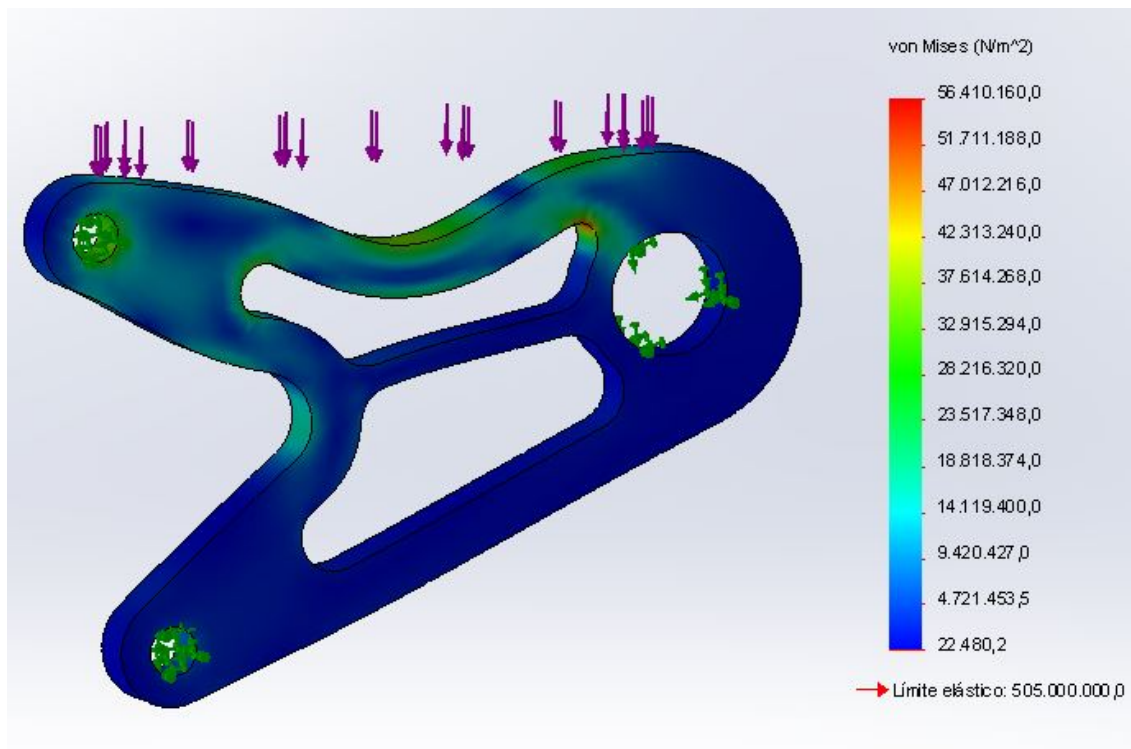


Figura 10.11. Análisis de diseño definitivo. Tensiones.

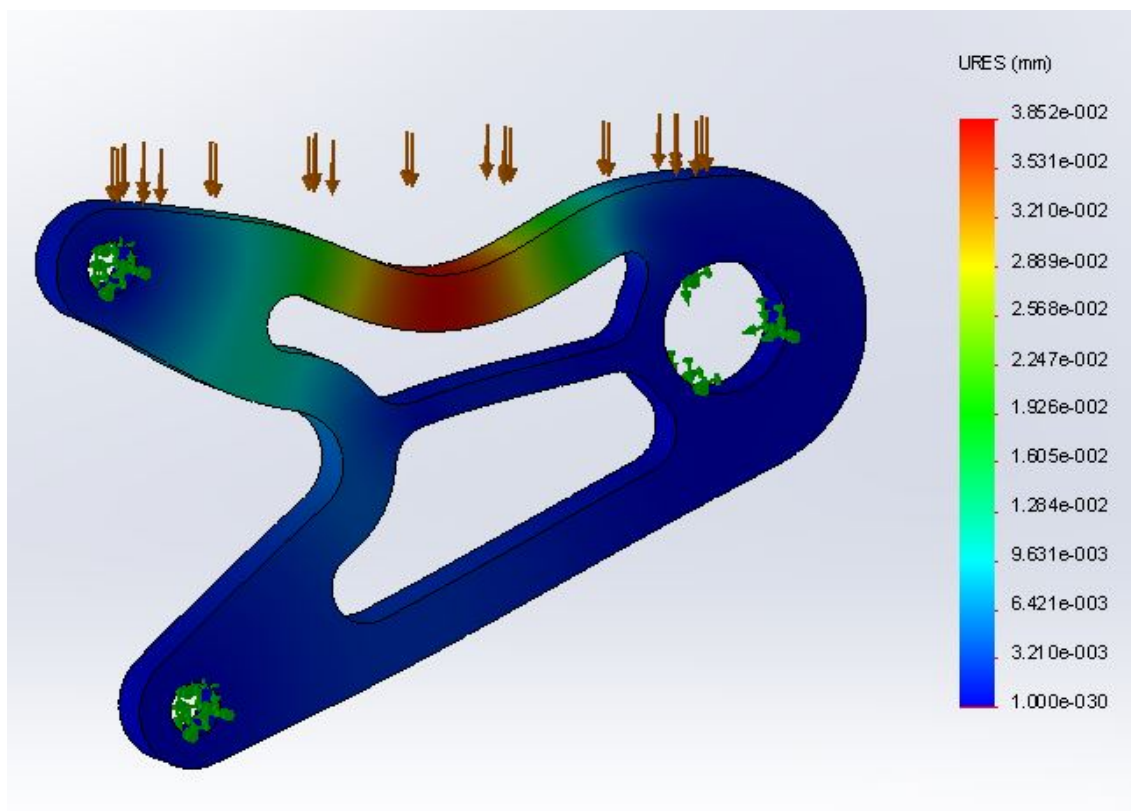


Figura 10.12. Análisis de diseño definitivo. Deformaciones.

Una vez más se debe aclarar que, aunque las imágenes muestren una gran deformación, ésta no es así realmente, sino que es tan solo una mejor manera de observar dónde y cómo se producen las deformaciones. Se deberá observar la tabla de valores obtenidos.

Primeramente se analizarán los resultados de tensiones obtenidos. El valor de tensión máximo ha pasado de 5,8 MPa a 56,4 MPa en este último diseño. Esto significa la presencia de una tensión diez veces mayor a la registrada anteriormente. Aún así, este valor máximo se sigue encontrando muy alejado del límite de rotura y límite elástico del aluminio 7075-T6.

En cuanto a los resultados obtenidos para el análisis de deformaciones, el punto crítico de mayor deformación presenta ahora 0,03 milímetros. Este valor es más de 10 veces mayor que en el diseño preliminar, pero sigue siendo prácticamente despreciable a efectos reales.

Nuevamente, como ya pasase con el soporte para la pinza delantera, los valores obtenidos se encuentran alejados de los valores máximos. Sin embargo, al tratarse este soporte para la pinza de freno trasera de un elemento muy comprometido para el buen funcionamiento de la motocicleta, se considerará alcanzada la optimización del componente.

De este modo, el componente apenas producirá un aumento de peso en el diseño global de la motocicleta y funcionará muy por debajo de sus límites, asegurando que no se producirá ninguna rotura que pudiese provocar una situación de gran peligro para el piloto.

Tras alcanzar este punto de optimización se dará paso al proceso de fabricación del componente.

10.3. Proceso de fabricación

Al igual que ocurriría con el soporte delantero, el proceso de fabricación del soporte para la pinza de freno trasera se planteará en una sola etapa. Es decir, no existirán diferentes piezas que compongan el componente.

Primeramente se llevará a cabo su fabricación para, posteriormente, ensamblarlo con el resto de componentes -pinza de freno y basculante-.

El material usado será, una vez más, el aluminio 7075-T6 empleado para el resto de componentes.

10.3.1. Soporte de la pinza de freno trasera

Para iniciar el proceso de fabricación se partirá de una plantilla de aluminio 7075-T6 de dimensiones 130x90x10 milímetros.

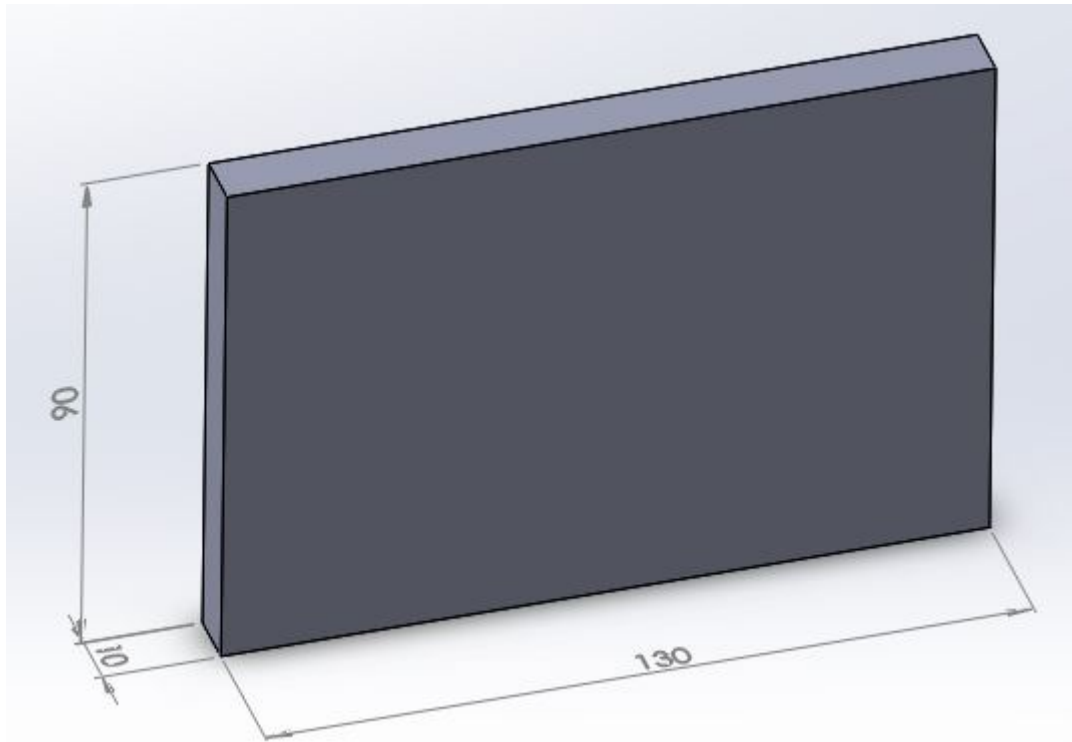


Figura 10.13. Fabricación. Plantilla de aluminio 7075-T6.

La primera operación estará orientada al desbaste de material para conseguir obtener la forma general del soporte. Se mecanizará una forma triangular, con las esquinas redondeadas para obtener una mejor estética y un componente más seguro.

La zona que ensamblará con la pinza de freno trasera contará con un recortado en su zona central, de modo que el soporte no interfiera con los diferentes salientes que posee la pinza.

En cuanto a la zona que ensamblará con el basculante, poseerá un redondeado de radio 23 milímetros. De esta forma el orificio que se mecanice posteriormente para alojar el eje será concéntrico a este redondeado.

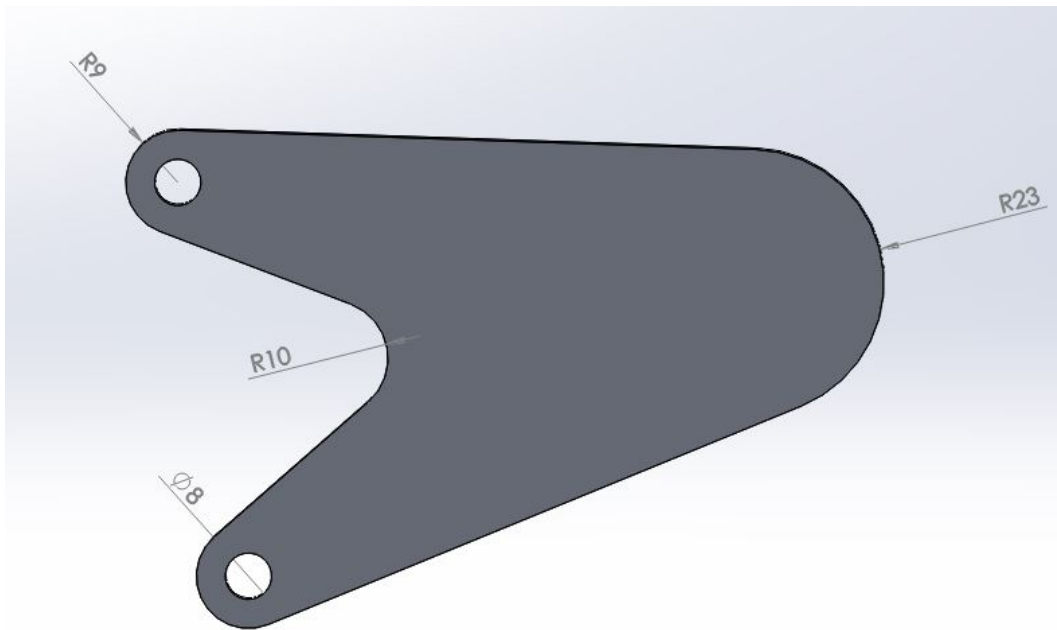


Figura 10.14. Fabricación. Forma general.

Una vez se tiene la forma general se realizará el taladro que proporcionará el orificio a través del cual pasará el eje de la rueda trasera y unirá el soporte con el basculante.

Este orificio será de 20 milímetros de diámetro, así como concéntrico al redondeado realizado en ese extremo.

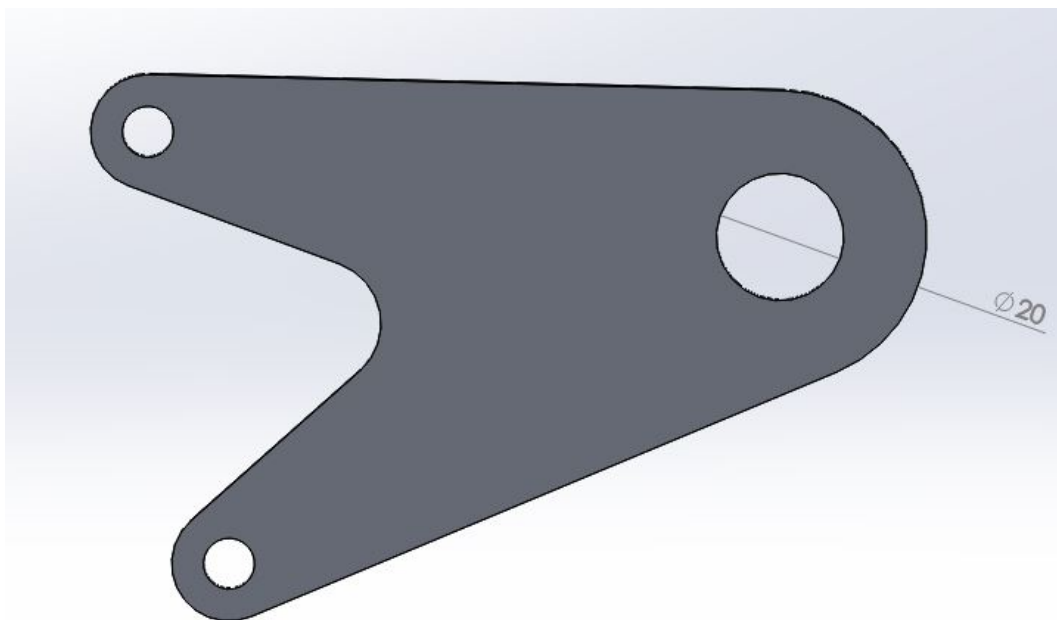


Figura 10.15. Fabricación. Orificio para eje.

Por último se procederá a desbastar todo el material innecesario de la zona central, con el objetivo de realizar dos vaciados simétricos, separados por un tirante de 4 milímetros.

Estos vaciados tendrán una forma redondeada y estética, lo que aportará un mejor aspecto a la motocicleta.

Además, las esquinas interiores de los vaciados serán redondeadas a fin de evitar posibles heridas al montar y desmontar el componente.

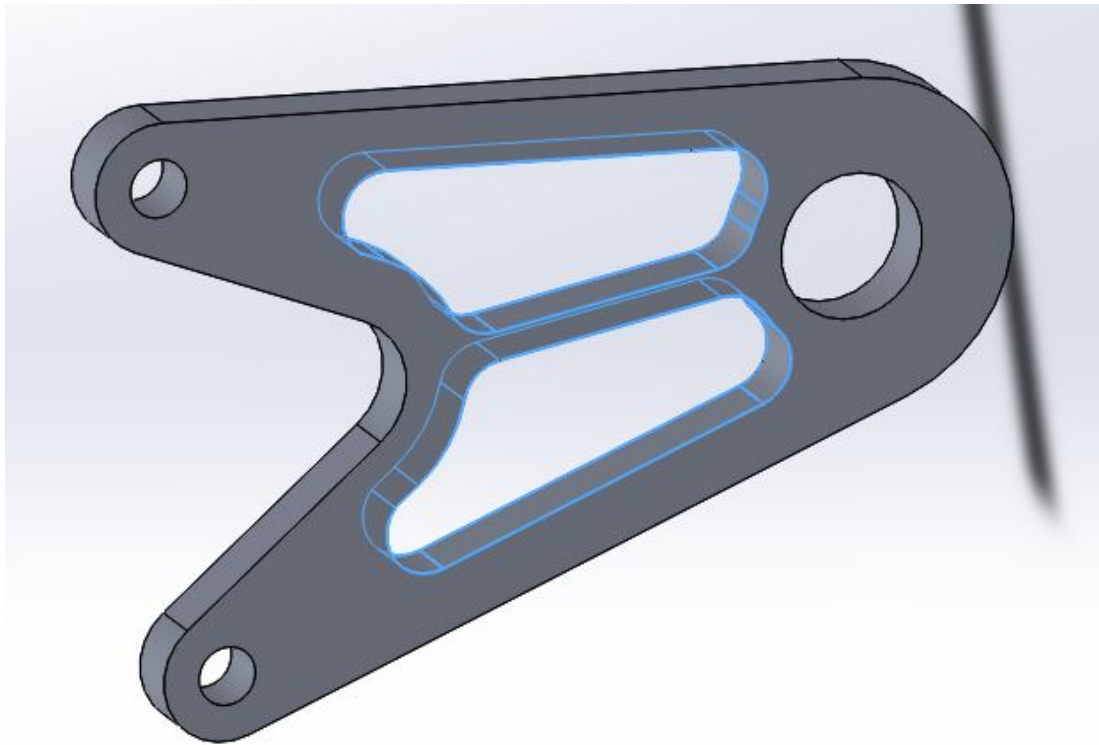


Figura 10.16. Fabricación. Vaciados.

En el *Anexo 4: Planos* se recogerán todas las cotas y medidas necesarias para la mecanización de estos vaciados, facilitando de esta forma el trabajo del operario encargado de esta tarea.

Tras finalizar la fabricación del componente será el turno de su ensamblaje con el resto de elementos de la motocicleta.

10.3.2. Ensamblaje

El ensamblaje del soporte de la pinza de freno trasera no será complicado ya que, como ya ocurriese con el soporte delantero, su montaje solo es posible si se está colocando correctamente.

Se deberá prestar especial atención a la colocación de la pinza de freno, alojando en su interior el disco trasero. Una vez colocada la pinza se encajarán sus orificios con los del soporte.

De esta forma el soporte quedará fijado en uno de sus extremos. El resto será sencillo, ya que simplemente se deberá oscilar el soporte hasta que su orificio quede concéntrico con el eje trasero. De este modo el soporte quedará totalmente fijado en su posición correcta.

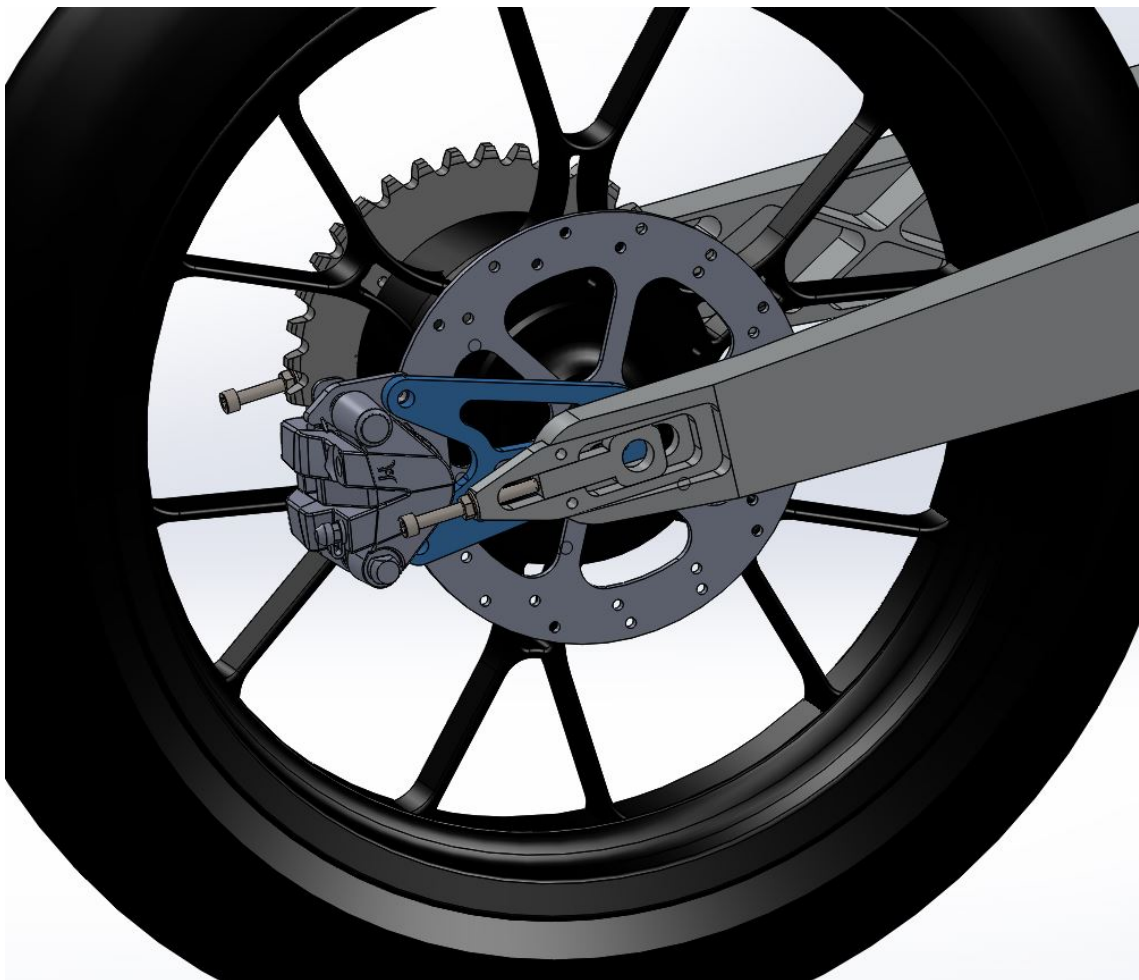


Figura 10.17. Fabricación. Ensamblaje. Vista cercana.

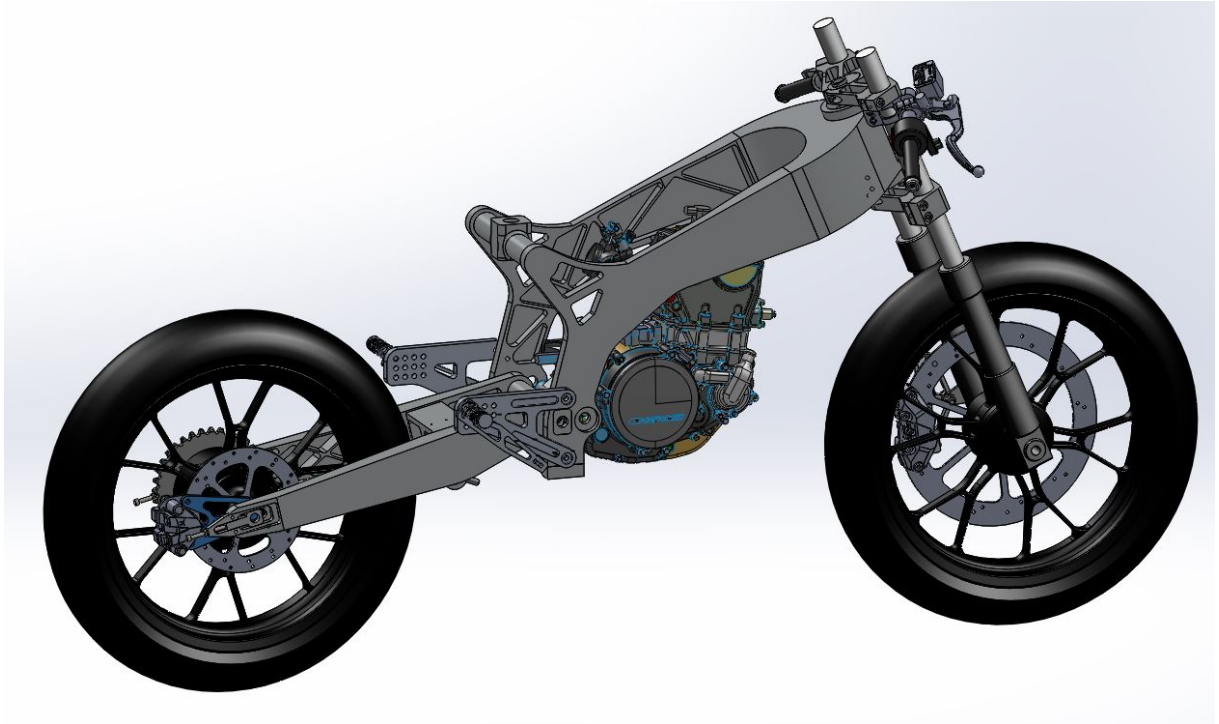


Figura 10.18. Fabricación. Ensamblaje. Vista general.

11. RESULTADO FINAL Y CONCLUSIONES

Como se mencionó al comienzo del presente proyecto, el diseño, desarrollo y fabricación de todos estos elementos auxiliares está englobado dentro de la construcción de una motocicleta de competición por parte del equipo MotoUPCT, la cual participaría en la “III Competición Internacional MotoStudent”.

Se ha conseguido adaptar el diseño de todos estos elementos a las geometrías y requerimientos del resto de componentes de la motocicleta, sirviendo de apoyo y completando la fabricación total de ésta.

En este capítulo se pretende mostrar, mediante imágenes explicativas, el resultado final de la construcción de algunos de estos elementos, pudiendo ver de esta forma cómo se van llevando a cabo los pasos y pautas marcadas en el proyecto.

Además, se mostrará el aspecto general que presenta la motocicleta en su conjunto hasta el momento.

Todo ello proporcionará la información suficiente para poder realizar una reflexión sobre el resultado conseguido con el presente proyecto y enumerar las conclusiones obtenidas.

11.1. Resultado final

Para poder observar el aspecto final que presentan algunos de los elementos auxiliares diseñados a lo largo del presente proyecto, se procederá a mostrar una serie de imágenes en las que se apreciará el resultad.

Se incluirán imágenes que muestren el aspecto general y el estado de la motocicleta hasta el momento.

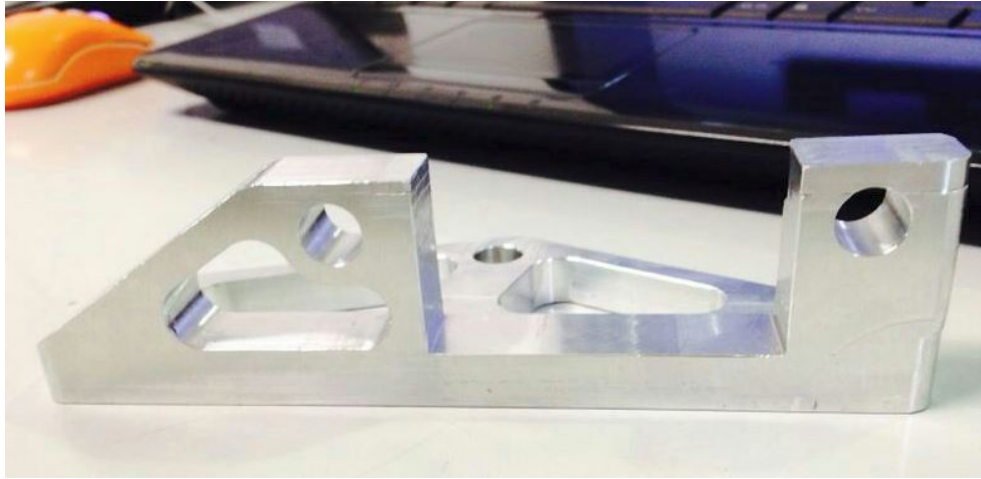


Figura 11.1. Soporte de pinza de freno delantera. Vista frontal.

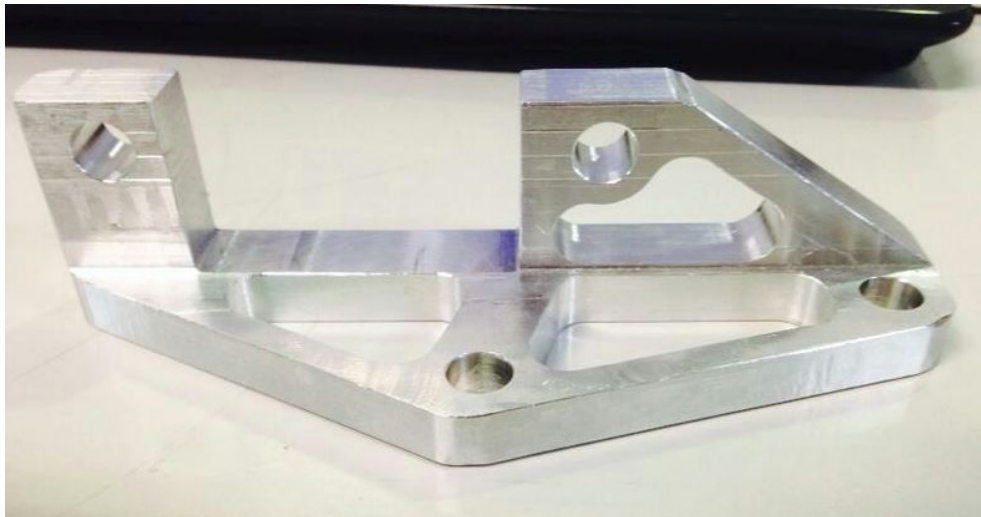


Figura 11.2. Soporte de pinza de freno delantera. Vista posterior.



Figura 11.3. Estribera izquierda. Plantilla.



Figura 11.4. Soporte de pinza de freno trasera.



Figura 11.5. Ensamblaje basculante-chasis-tijas. Estado actual motocicleta.

11.2. Conclusiones

Tal y como demuestran las imágenes, se han seguido los pasos y pautas marcadas al inicio del proyecto, logrando alcanzar los objetivos fijados. Los componentes se han podido fabricar sin ningún contratiempo, lo que demuestra que la planificación ha sido acertada y los diseños facilitaban el proceso de fabricación.

Al encontrarse, en el momento de la finalización del presente proyecto, todos los componentes auxiliares fabricados, se cuenta con referencias y opiniones al margen de las pruebas teóricas realizadas con "SolidWorks".

Tras ensamblar cada uno de los elementos auxiliares con el resto de componentes importantes de la motocicleta -chasis, basculante, motor, etc.- se comprueba que el diseño se adapta a la perfección, aportando las necesidades que de él se requerían en cada caso.

En cuanto al apartado estético, los diseños aportan un aspecto limpio, con ausencia de aristas vivas y líneas que casan con el diseño general de la motocicleta.

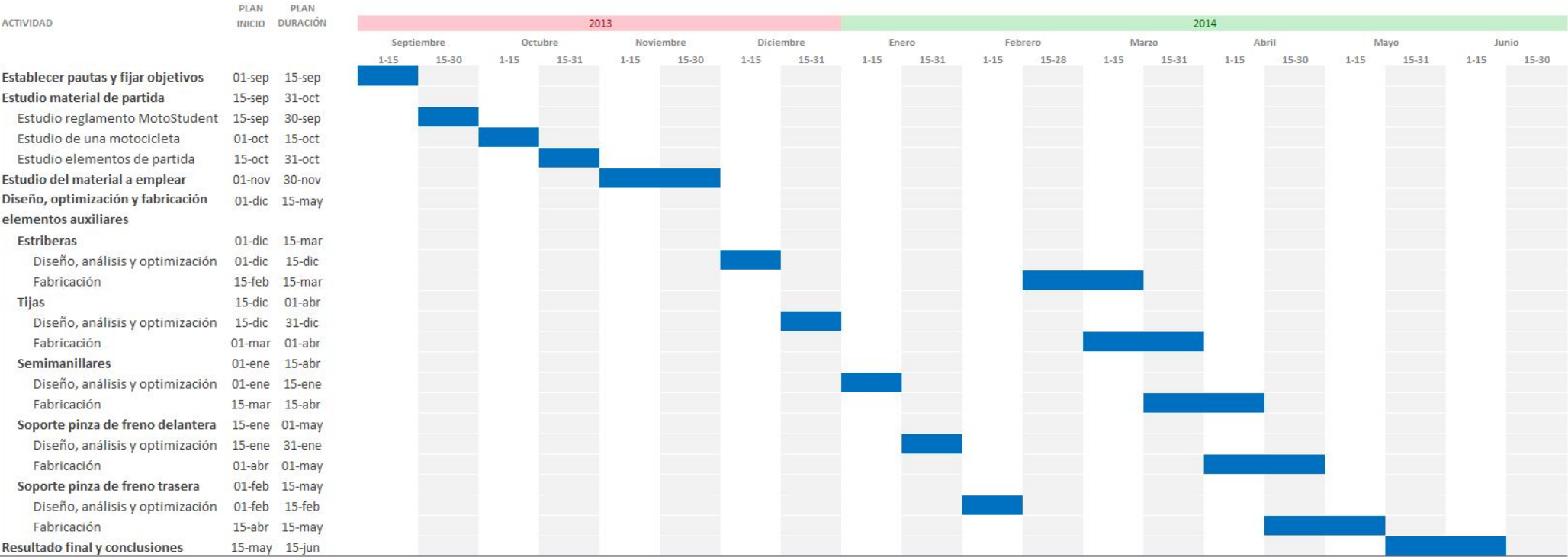
Con respecto al comportamiento estructural, las pruebas estáticas realizadas han confirmado la buena respuesta de todos los componentes ante grandes esfuerzos.

Por otro lado, tras probar el piloto la disposición de los elementos que afectan a su comodidad -estribas, semimanillares-, así como conocer las distintas posibilidades de regulación que presentan, ha expresado su enorme satisfacción con los diseños realizados, asegurando que se adaptan a la perfección a sus necesidades.

En definitiva, todos los aspectos y pruebas no hacen sino confirmar la obtención de grandes resultados, alcanzando, e incluso superando, los objetivos fijados al inicio del proyecto. Es por ello que se podrá calificar como satisfactorio el trabajo realizado en cada una de las etapas que lo constituyen.

Además, y por último, se ha conseguido cumplir con precisión la planificación hecha al inicio del proyecto, la cual incluía todos los pasos a seguir, así como el tiempo necesario para la realización de estos pasos. Dicha planificación quedó plasmada en el siguiente GANTT, el cual ha servido de guía durante toda la elaboración del presente proyecto.

GANTT Proyecto





Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

Anexo 1

Reglamento técnico MotoStudent

ANEXO 1

REGLAMENTO TÉCNICO MOTOSTUDENT

En el presente Anexo se incluirá el Reglamento Técnico de la “III Competición Internacional Motostudent”. Concretamente se adjuntará la *Sección B: Reglamento técnico general*, ya que el resto del reglamento no tiene influencia en el desarrollo del presente proyecto.

Este reglamento ha sido redactado y aprobado por la comisión organizadora del evento, por lo que es de obligado cumplimiento la totalidad de sus puntos sin excepción.

En rojo se marcarán las novedades con respecto a la edición anterior, así como se tacharán algunos aspectos que han sido descartados.

III COMPETICIÓN INTERNACIONAL

MOTOStudent

2013 – 2014



Reglamento de la Competición

Ref.09.2013

III Competición Internacional MotoStudent *Índice*

SECCIÓN A: REGLAMENTO ADMINISTRATIVO	3
ARTÍCULO 1: MOTOSTUDENT 2013-2014	4
ARTÍCULO 2: REGLAMENTO MOTOSTUDENT Y ORGANIZACIÓN	7
ARTÍCULO 3: REQUISITOS DE PARTICIPACIÓN INDIVIDUAL	9
ARTÍCULO 4: FABRICACIÓN DE LA MOTO	13
ARTÍCULO 5: EQUIPOS NO PERTENECIENTES A LA UE.	14
ARTÍCULO 6: DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO Y PLAZOS	16
ARTÍCULO 7: PREGUNTAS SOBRE LAS NORMAS O FUNCIONAMIENTO DE MOTOSTUDENT	19
ARTÍCULO 8: FASES DE LA COMPETICIÓN	21
SECCIÓN B: REGLAMENTO TÉCNICO GENERAL	28
ARTÍCULO 1: REQUISITOS TÉCNICOS DE LA MOTO Y RESTRICCIONES	29
ARTÍCULO 2: REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO	30
ARTÍCULO 3: MOTOR	36
ARTÍCULO 4: ADMISIÓN	38
ARTÍCULO 5: AIRBOX	39
ARTÍCULO 6: DEPÓSITO Y CONDUCTOS DE COMBUSTIBLE	40
ARTÍCULO 7: GASOLINA Y LUBRICANTES	41
ARTÍCULO 8: SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	42
ARTÍCULO 9: SISTEMA DE ESCAPE	43
ARTÍCULO 10: EMBRAGUE Y TRANSMISIÓN	43
ARTÍCULO 11: ENCENDIDO, ELECTRÓNICA Y ADQUISICIÓN DE DATOS	44
ARTÍCULO 12: CHASIS	47
ARTÍCULO 13: MANDOS: MANILLAR Y ESTRIBERAS	49
ARTÍCULO 14: SISTEMA DE FRENADO	51
ARTÍCULO 15: SISTEMAS DE SUSPENSIÓN Y DIRECCIÓN	52
ARTÍCULO 16: LLANTAS Y NEUMÁTICOS	55
ARTÍCULO 17: IDENTIFICACIÓN Y DORSALES	56
ARTÍCULO 18: EQUIPACIÓN DEL PILOTO	60

III Competición Internacional MotoStudent

SECCIÓN B: REGLAMENTO TÉCNICO GENERAL

ARTÍCULO 1: REQUISITOS TÉCNICOS DE LA MOTO Y RESTRICCIONES

B.1.1 Inspección técnica

Cualquier incumplimiento de los requisitos técnicos y restricciones deberán ser corregidos y se volverán a inspeccionar antes de que la moto pueda participar en cualquier prueba del Evento.

B.1.2 Modificaciones y reparaciones

Una vez superadas las verificaciones técnicas, y dinámicas del Evento y se homologue la moto para la Competición MotoStudent, estará totalmente prohibida cualquier modificación estructural sin supervisión. Si se quiere modificar algún elemento estructural de la moto, una vez pasadas dichas verificaciones, se deberá avisar a un comisario técnico de la Organización para dar conformidad a dicho cambio.

Las modificaciones permitidas después de las verificaciones técnicas son:

- a) El ajuste de cadenas
- b) Ajuste de frenos
- c) Cualquier cambio en la adquisición de datos
- d) Ajuste de presión de neumáticos
- e) Reposición de líquidos
- f) Ajustes de set-up.
- g) Ajustes de puesta a punto de motor.

En caso de que la moto necesite reparaciones debido a un accidente, choque o rotura, deberá ser aprobada por un técnico. Una vez reparada la moto, el mismo técnico dará su aprobación antes de poder volver a la Competición.

B.1.3 Durante el Evento

La moto estará obligada a mantener todas las especificaciones requeridas en el Reglamento Técnico durante todo el Evento.

B.1.4 Otras competiciones

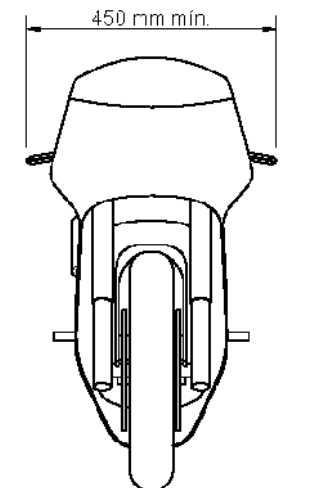
El presente Reglamento Técnico General ha sido creado exclusivamente para la Competición MotoStudent, por lo que las motos fabricadas según las especificaciones en él reflejadas no tienen por qué cumplir los requisitos de otras competiciones de velocidad ajenas a MotoStudent. La Organización no se hace responsable del uso que los diversos equipos puedan hacer de los prototipos presentados en MotoStudent en otras competiciones.

ARTÍCULO 2: REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO

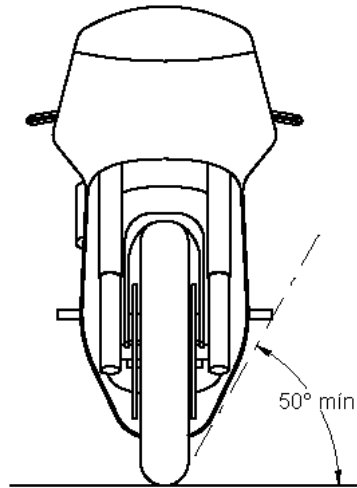
B.2.1 Dimensiones

Las dimensiones de la motocicleta son libres exceptuando los requisitos básicos expuestos a continuación.

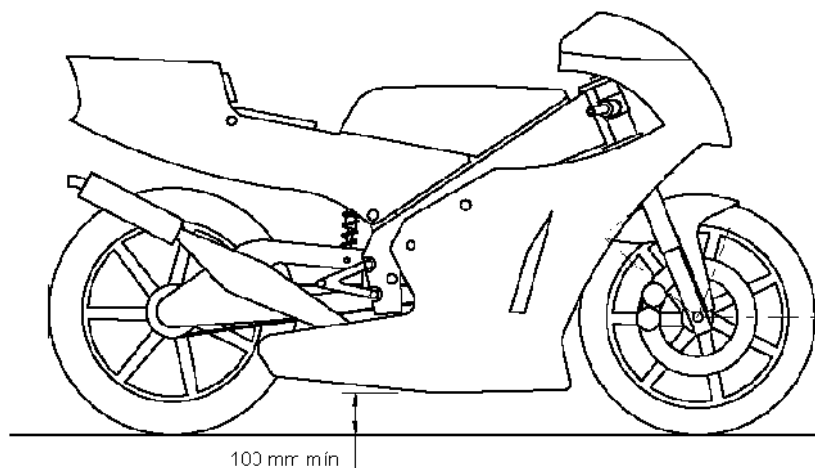
B.2.1.1 La anchura mínima entre los extremos de los semimanillares debe ser de 450mm.



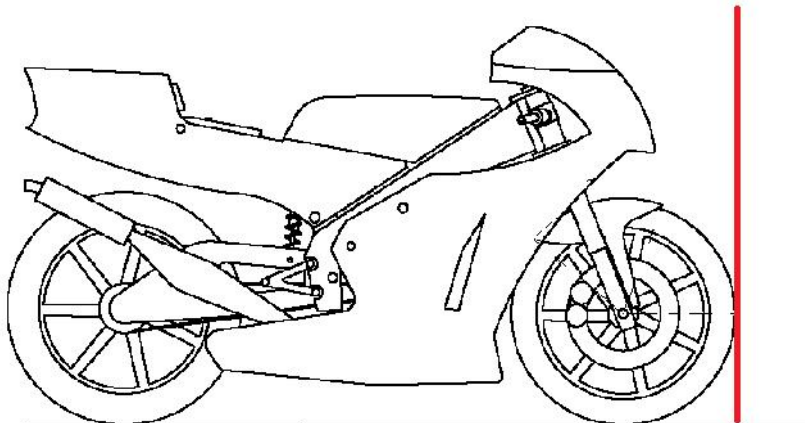
- B.2.1.2 El ángulo mínimo de inclinación lateral de la motocicleta sin que ningún elemento de la misma (exceptuando los neumáticos) toque el pavimento debe ser 50° . Dicha medición se realizará con la motocicleta descargada (es decir, sin piloto) pero con todo el equipamiento y líquidos para su funcionamiento.



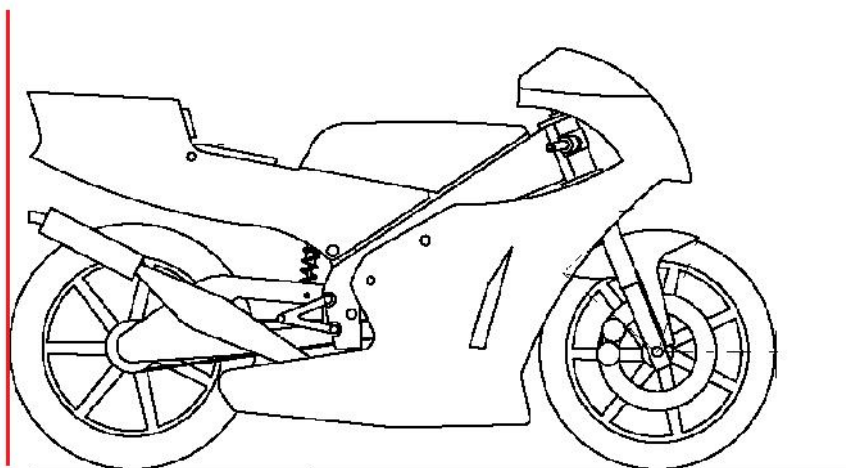
- B.2.1.3 La distancia libre al pavimento con la motocicleta en posición vertical ha de ser de un mínimo de 100mm en cualquier situación de compresión de suspensiones o reglajes de geometrías.



- B.2.1.4 Límite frontal: Ningún elemento de la motocicleta podrá sobrepasar la vertical frontal trazada tangencialmente a la circunferencia exterior del neumático delantero.

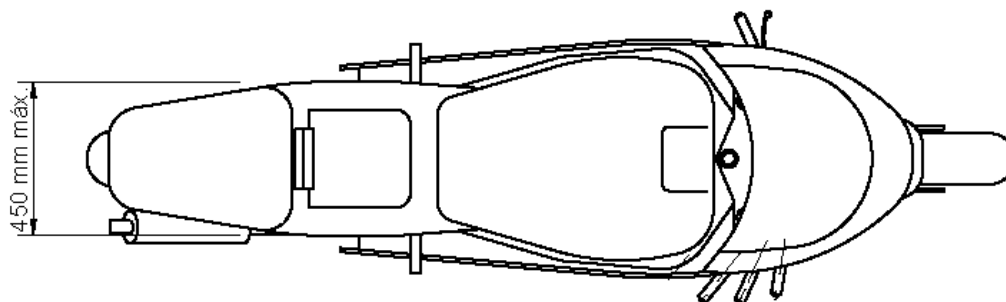


- B.2.1.5 Límite posterior: Ningún elemento de la motocicleta podrá rebasar la línea tangente vertical trazada a la circunferencia exterior del neumático trasero.

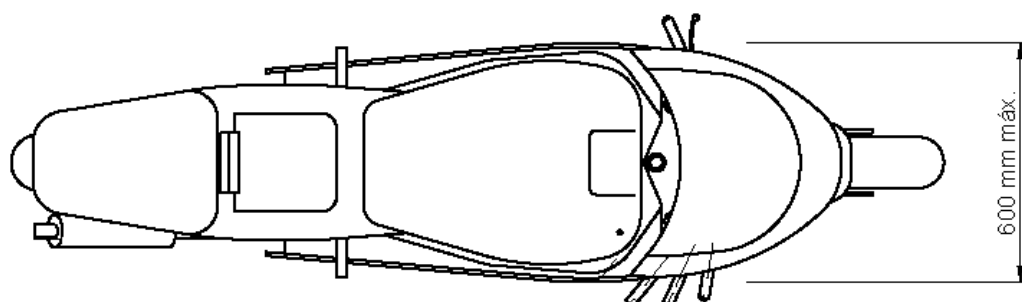


- B.2.1.6 Los neumáticos deberán tener una distancia mínima de 15mm a cualquier elemento de la motocicleta en toda posición de la misma y reglaje de geometría.

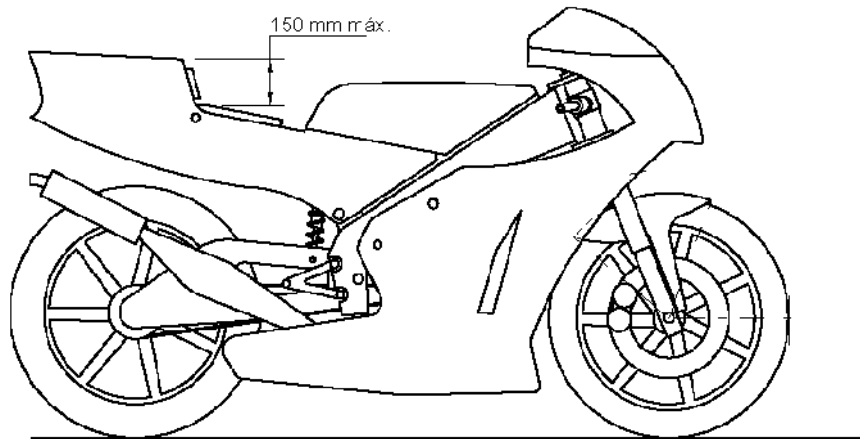
B.2.1.7 La anchura máxima del asiento no debe rebasar los 450mm. No podrá sobresalir de esa anchura ningún otro elemento de la motocicleta del asiento hacia detrás excepto el sistema de escape



B.2.1.8 La anchura máxima del carenado será de 600mm.



B.2.1.9 Entre la altura del asiento y la parte más elevada del colín la cota máxima será de 150mm.



B.2.2 Peso

B.2.2.1 El peso mínimo total de la motocicleta sin piloto será de 95 Kg.

B.2.2.2 En cualquier momento del Evento, el peso de toda la motocicleta (incluyendo el depósito de combustible con un mínimo de 1 litro) no deben ser inferior al peso mínimo.

B.2.2.3 Durante la verificación técnica, al final de la carrera, las motocicletas elegidas serán pesadas en las condiciones que finalicen la carrera, y el límite de peso establecido debe ser tomado en esta condición. Nada puede ser añadido a la motocicleta. Esto incluye todos los líquidos.

B.2.2.4 Durante los entrenamientos cronometrados, los pilotos pueden ser llamados para controlar el peso de sus motocicletas. En cualquier caso el piloto debe cumplir con esta solicitud.

B.2.2.5 El uso de lastre tanto móvil como fijo está permitido para alcanzar el peso mínimo. Dicho lastre debe ser declarado a los comisarios técnicos durante las verificaciones previas.

B.2.2.6 El lastre móvil deberá ir correctamente sujeto al chasis, de forma que no pueda desprenderse del conjunto en caso de choque o caída. Puede ser instalado mediante bridas o atornillado.

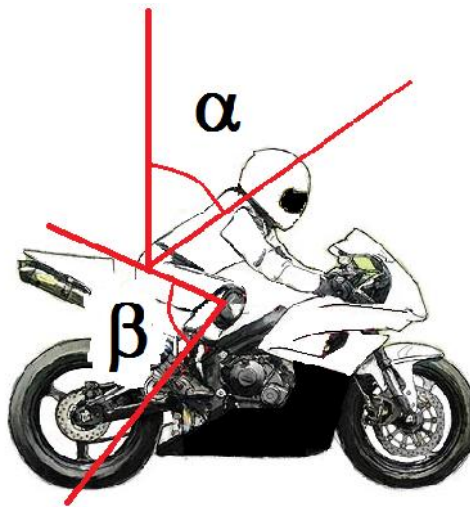
B.2.3 Ergonomía

El diseño de la moto deberá estar dentro de unos límites de ergonomía que correspondan a un piloto de estatura y peso medios.

B.2.3.1 Está permitida la instalación de elementos de mando regulables para mejorar la ergonomía y comodidad del piloto.

B.2.3.2 Los elementos y símbolos reflejados en el tablier y mandos, así como las indicaciones del display deben ser perfectamente legibles en la posición normal de conducción.

B.2.3.3 Tomando el percentil de tallas P95 (Que comprende al 95% de la población), la posición de pilotaje de una motocicleta deportiva estándar, en posición normal de conducción (No en posición de máxima velocidad), está comprendida por los siguientes ángulos:



Dónde:

- α : Ángulo de la espalda con la vertical. Para una motocicleta deportiva se recomiendan ángulos entre 19° y 40° .
- β : Ángulo de flexión de rodillas. Para una motocicleta deportiva se recomiendan ángulos entre 65° y 77° .

ARTÍCULO 3: MOTOR

B.3.1 Precintado

Es obligatorio el uso del motor proporcionado por la Organización. El motor se entregará precintado por la Organización y queda totalmente prohibida su manipulación. Cualquier precinto roto o deteriorado será causa de no conformidad técnica.

B.3.1.1 En caso de avería o mal funcionamiento de alguna parte interna a la que no se permita el acceso el equipo deberá comunicarlo a la Organización, que tomará las medidas oportunas.

B.3.2 Características del motor

<u>MOTOR SHERCO SE 250i: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</u>	
Tipo	4 tiempos de 1 cilindro con líquido refrigerante
Cilindrada	249.4 CC
Diámetro/ Carrera	78/52mm
Relación de compresión	12.6 :1
Gasolina	Súper, sin plomo, con índice de octanos mínimo de 95
Distribución	4 válvulas, DOHC, mando por cadena
Diámetro válvula admisión	29mm
Diámetro válvula escape	25mm
Juego en frío válvula admisión	0.15-0.2mm
Juego en frío válvula escape	0.2-0.25mm
Rodamientos de cigüeñal	2 rodamientos de rodillos cilíndricos
Pistón	Aluminio forjado
Lubricación	Engrase por circulación por presión mediante 2 bombas
Aceite motor	1 litro SAE 10W60
Transmisión primaria	(21 :70)
Cambio	6 marchas
1	(14:33)
2	(17:30)
3	(19:28)
4	(21:26)
5	(23:24)
6	(25:22)
Transmisión secundaria	13X48
Embrague	Multidisco en baño de aceite comanda hidráulica
Sistema de arranque/batería	Arranque eléctrico/12V 6.5 Ah
Inyección electrónica	Magneti Marelli

- B.3.2.1 La velocidad máxima de rotación del cigüeñal está limitada **de serie** a un máximo de **13.500** RPM. Todas las motocicletas deberán estar equipadas obligatoriamente con un cuentarrevoluciones que puede ser digital o analógico, para verificar las máximas RPM.

B.3.3 Cáster

- B.3.3.1 Todos los cáster que contengan aceite y que puedan entrar en contacto con la pista como consecuencia de una caída tendrán que estar protegidos por un cubre cáster diseñado para resistir choques repentinos. El propio chasis de la moto si queda por debajo de punto más bajo del cáster se puede considerar como protección o cubre cáster.
- B.3.3.2 No se permite la modificación del mismo ni tan siquiera en sus anclajes externos.

B.3.4 Sistema de alimentación de combustible

- B.3.4.1 Se permite la sustitución o modificación del sistema de alimentación original del motor suministrado. Están permitidos tanto sistemas de carburación como de inyección.
- B.3.4.2 Se prohíbe el uso de carburadores cerámicos.
- B.3.4.3 Solo se permite una válvula de control del acelerador, el cual debe estar exclusivamente controlado por elementos mecánicos y manipulados por el piloto únicamente.
- B.3.4.4 El inyector de combustible deberá estar instalado antes de las válvulas de admisión del cilindro. No se permite la inyección directa en la cámara de combustión.
- B.3.4.5 Se permite la instalación de un solo inyector.

B.3.5 Modificaciones

- B.3.5.1 Cualquier cambio o modificación que no esté precisado en este artículo, no está permitido.
- B.3.5.2 En caso de disputa sobre estas modificaciones, la decisión de la Organización será definitiva.

ARTÍCULO 4: ADMISIÓN

B.4.1 Conductos de admisión

La composición, dimensiones y situación de los conductos de admisión de aire son libres siempre que estas cumplan los requerimientos dimensionales de las cotas generales de la motocicleta.

- B.4.1.1 No se permite la instalación de dispositivos móviles en el sistema de admisión antes de las válvulas de admisión a la cámara de combustión, a excepción del carburador o inyector.
- B.4.1.2 Sólo se permite la presencia de mezcla aire-combustible y gases recirculados del motor en los conductos de admisión. No está permitida la inyección adicional de otros elementos como etanol, metanol, agua, etc.
- B.4.1.3 No están permitidos los conductos de admisión de geometría variable.

B.4.2 Mariposa de admisión

- B.4.2.1 Sólo se permite una mariposa, que deberá ser accionada exclusivamente por medios mecánicos (por ejemplo, cable) manejados por el piloto. No se permiten otros elementos móviles en el conducto de admisión.
- B.4.2.2 Ninguna interrupción de la conexión mecánica entre el accionamiento del piloto y el acelerador está permitida.

B.4.3 Sistemas de sobrepresión

Está prohibido el uso de sistemas “turbo” para el aumento de presión de gases en la admisión. Únicamente se permite el aprovechamiento aerodinámico del movimiento del vehículo mediante el uso de tomas de aire.

ARTÍCULO 5: AIRBOX

B.5.1 Airbox

El diseño de la caja de admisión de aire es libre.

B.5.2 Filtro

El elemento filtrante del aire de admisión es de libre elección.

B.5.3 Recirculación de gases

Está permitido montar un depósito entre la tapa de balancines y el airbox, con la única función de recoger gases sobrantes del motor. Ninguna otra función está permitida (como la modificación de la presión generada) y únicamente los respiraderos del motor se podrán conectar entre la tapa de balancines, dicho depósito y el airbox. Este depósito y sus conexiones deberán ser revisables en cualquier momento y por tanto, no podrán construirse en el chasis, de modo que dificulte su inspección.

ARTÍCULO 6: DEPÓSITO Y CONDUCTOS DE COMBUSTIBLE

B.6.1 Depósito de combustible

B.6.1.1 Es obligatoria la instalación de un respiradero en el depósito para verter los sobrantes de líquidos. Este respiradero deberá estar provisto de una válvula de retención.

B.6.1.2 El depósito de combustible de cualquier tipo deberá ir relleno con material retardante de llama o disponer de otro depósito flexible interno de seguridad (vejiga).

B.6.1.3 En el caso de los depósitos “no metálicos” es obligatorio el uso de este segundo depósito adicional de goma o resina. El fin de esta vejiga de seguridad no es otro que impedir el derrame de carburante en caso de rotura del depósito.

B.6.1.4 Si se utiliza un depósito homologado no hay otro requisito.

B.6.1.5 Está prohibido presurizar el depósito de carburante.

B.6.1.6 La salida de combustible del depósito deberá situarse por encima de la altura de válvulas de admisión del motor.

B.6.2 Tapones

El/los tapón(es) de depósito de gasolina debe/n poseer un sistema de apertura y cierre “de rosca”. El tapón del depósito de combustible deberá ser estanco y estar provisto de un sistema seguro de cierre que impida la posibilidad de desprenderse en caso de caída.

B.6.3 Conductos de combustible

- B.6.3.1 Todos los conductos de combustible del depósito al carburador o al sistema de inyección deberán estar provistos de racores estancos de seguridad. De manera que en caso de desprendimiento del depósito de la motocicleta sea el racor el que se desconecte y no otras uniones del conducto.
- B.6.3.2 Para la apertura del racor la fuerza aplicada deberá ser, máximo, el 50% de la fuerza necesaria para desprender cualquier otra unión o rotura del material componente del conducto.

B.6.4 Refrigeración

No se autoriza el enfriamiento artificial del carburante.

B.6.5 Presión

La presión de combustible no debe superar los 5.0 bares en ningún punto del circuito de alimentación.

ARTÍCULO 7: GASOLINA Y LUBRICANTES

B.7.1 Gasolina

Sólo se puede usar el combustible del suministrador designado por la Organización, que será gasolina sin plomo de 98 octanos.

- B.7.1.2 Está prohibida la alteración del combustible designado con aditivos o cualquier otro tipo de tratamiento.

B.7.2 Aceite motor

B.7.2.1 Es obligatorio el uso del filtro de aceite original del motor proporcionado.

B.7.2.2 El aceite lubricante a utilizar es de elección libre. **Se recomienda el uso de un aceite SAE 10W60 preparado para embrague en baño de aceite.**

ARTÍCULO 8: SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

B.8.1 Sistemas de refrigeración

B.8.1.1 El diseño y construcción del sistema de refrigeración exterior es libre.

B.8.1.2 No se permite la modificación del sistema de refrigeración interna del motor.

B.8.2 Radiadores

B.8.2.1 La adición de radiadores para refrigeración de aceite no está permitida.

B.8.2.2 El número, la situación, el tamaño y la composición de los radiadores de líquido refrigerante son libres, siempre y cuando cumplan con los requerimientos dimensionales de las cotas generales de la motocicleta.

B.8.3 Líquidos refrigerantes

B.8.3.1 Sólo se podrá utilizar agua destilada.

B.8.3.2 El uso de cualquier otro tipo de refrigerante está prohibido.

B.8.3.3 Está prohibida la utilización de aditivos en el agua destilada.

ARTÍCULO 9: SISTEMA DE ESCAPE

B.9.1 Sistema de escape

B.9.1.1 El sistema de escape es de libre elección siempre que cumpla los requerimientos dimensionales generales de la motocicleta y la normativa de sonoridad.

B.9.1.2 Están prohibidos los sistemas de escape de geometría variable.

B.9.1.3 No se permiten partes móviles en los escapes (por ejemplo válvulas, deflectores, etc.).

B.9.2 Sonoridad

La sonoridad de escape máxima permitida será de 115 dB medidos de manera estática a 5.500 RPM.

ARTÍCULO 10: EMBRAGUE Y TRANSMISIÓN

B.10.1 Embrague

El tipo de embrague (en baño de aceite) debe mantenerse.

B.10.1.1 Los discos de embrague pueden remplazarse.

B.10.1.2 Los muelles de embrague pueden reemplazarse.

B.10.1.3 La campana de embrague puede reemplazarse.

B.10.1.4 El embrague de origen pueden modificarse con sistema de deslizamiento limitado en la transmisión (tipo anti-patinaje o anti-rebote).

B.10.2 Caja de cambios

La caja de cambios suministrada por la Organización no puede ser sustituida ni modificada.

B.10.3 Transmisión

B.10.3.1 El empleo de sistemas de ayuda electromecánica o electrohidráulica está prohibido.

B.10.3.2 El piñón de salida de la caja, la corona de la rueda trasera y la cadena son de elección libre.

B.10.3.3 Están autorizados los sistemas externos de cambio rápido de velocidades.

B.10.4 Modificaciones

Cualquier modificación del sistema de transmisión o caja de cambios que no figure en este apartado no está autorizada.

ARTÍCULO 11: ENCENDIDO, ELECTRÓNICA Y ADQUISICIÓN DE DATOS

B.11.1 ECU

La Organización podrá suministrar a los equipos, coste a parte, la Unidad de Control Electrónico (ECU) original que acompaña al motor.

B.11.1.1 No es obligatorio el uso de la Unidad de Control Electrónico (ECU) establecida por la Organización. Se permite el uso de otras centralitas.

B.11.1.2 El mapa electrónico de gestión del motor es de configuración libre.

B.11.2 Batería

Es obligatoria la instalación de una batería con una tensión de trabajo entre 8V y 18V.

B.11.3 Instalación eléctrica

MEF ofrece la posibilidad de adquirir la instalación eléctrica original del motor, al igual que se hace con la ECU.

B.11.3.1 Se permite la elaboración libre de la instalación eléctrica por parte de cada equipo.

B.11.3.2 Se permite la modificación de la instalación eléctrica adquirida a la Organización.

B.11.3.3 Se permite el uso de otras instalaciones comerciales.

B.11.3.4 El tipo de cable a utilizar, el diseño y la ejecución del cableado es libre.

B.11.3.5 El tipo de conectores es de libre elección. Se deberá tener en cuenta la posibilidad del correcto funcionamiento eléctrico de la motocicleta en condiciones de lluvia.

B.11.3.6 Se permite el uso de componentes comerciales. (bobina, baterías, reguladores, conectores, etc.)

B.11.3.7 Todas las motocicletas deberán ir provistas de un botón de paro de seguridad en el lado izquierdo del manillar. Deberá estar indicado en color rojo para su fácil localización en caso de emergencia. Dicho botón de paro deberá cortar el suministro eléctrico a cualquier componente de la motocicleta.

B.11.3.8 Se permite el uso de una única bobina de encendido.

B.11.3.9 La instalación eléctrica deberá estar perfectamente integrada en el conjunto de la moto, no dejando distancias mayores a 15cm de cableado sin sujetar.

B.11.3.10 La longitud de los cables deberá ser la justa, por lo que se prohíbe enrollar la longitud de cable sobrante.

B.11.3.11 Se recomienda alejar la instalación eléctrica lo máximo posible de los puntos calientes del motor, así como de los sistemas de refrigeración y escape.

B.11.4 Sistemas electrónicos.

B.11.4.1 El sistema de información utilizado en el *dashboard* es libre.

B.11.4.2 No está permitido el uso de sistemas electrónicos de control o ayuda que aporten claramente una ventaja en la conducción del vehículo, tales como control de tracción y ABS.

B.11.5 Sistema de adquisición de datos

Está permitido el uso de sistemas de adquisición de datos relativos a parámetros de motor, dinámica de la motocicleta y comportamiento del piloto.

B.11.5.1 Se podrán utilizar sistemas comerciales o la adaptación de sistemas de otro tipo de vehículos.

B.11.5.2 Se permite la utilización libre de todo tipo de sensores, siempre que su instalación no afecte a ninguna norma de modificación del presente reglamento.

B.11.5.3 El software utilizado podrá ser comercial o de diseño propio.

B.11.5.4 Están prohibidos los sistemas de lectura de telemetría en directo. Las lecturas de datos adquiridos sólo podrán hacerse en las paradas en box.

B.11.6 Sistema de arranque eléctrico

El motor entregado por la Organización cuenta con un sistema de arranque eléctrico.

B.11.6.1 Se permite la anulación o sustitución del sistema de arranque original.

B.11.87 Transponder

El día del Evento la Organización entregará a los equipos un transponder que deberá ser instalado para la realización de las pruebas dinámicas.

B.11.7.1 Para recibir el transponder, en el momento de la entrega el equipo deberá dejar una fianza de 50€ a la Organización, que será devuelta, si no ocurre ningún percance por mal uso a su devolución al final de la prueba.

ARTÍCULO 12: CHASIS

B.12.1 Objetivo

No se permite el uso de un chasis comercial ni tan siquiera una unidad modificada. Deberá tratarse de un chasis prototipo novedoso de fabricación propia.

B.12.2 Carenado

B.12.2.1 El carenado inferior o quilla debe estar fabricado para contener, en caso de incidente en el motor, al menos la mitad de la totalidad del aceite y del líquido de refrigeración del motor (mínimo 2.5 litros).

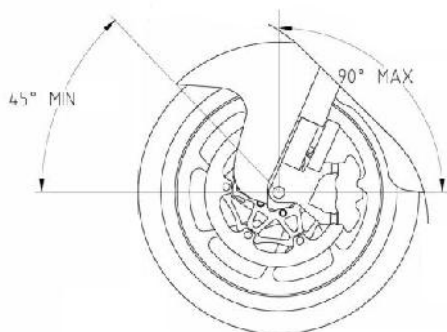
B.12.2.2 Todos los bordes y acabados del carenado han de ser redondeados. Radio mínimo 1mm.

B.12.2.3 El carenado no podrá cubrir lateralmente al piloto a excepción de los antebrazos (está excepción solamente en posición de mínima resistencia aerodinámica del piloto).

B.12.2.4 La llanta posterior no se podrá cubrir en más de 180°.

B.12.2.5 No es obligatorio el uso de guardabarros y protector de cadena.

B.12.2.6 El guardabarros delantero no podrá cubrir más de 135° de la circunferencia del neumático medido desde la parte posterior del neumático con origen del ángulo en la horizontal que pasa por el eje de rueda.



B.12.2.7 El carenado inferior o quilla deberá incluir un agujero de 25mm de diámetro, situado en el punto más bajo del mismo. Este agujero debe permanecer cerrado mediante un tapón en caso de pista seca y debe abrirse únicamente en caso de lluvia.

B.12.2.8 Todos los tapones de vaciado y de llenado deben estar precintados con alambre. Este precinto será efectuado por los propios miembros del equipo, y será punto a comprobar en las verificaciones técnicas. **El sentido de estos precintos es evitar la pérdida de tapones o la caída de estos a pista en caso de fallo de cierre.**

B.12.2.9 Es obligatorio el uso de topes de nilón para proteger la motocicleta en caso de caída. También se permite el uso de protectores de fibra para chasis y cárter de moto.

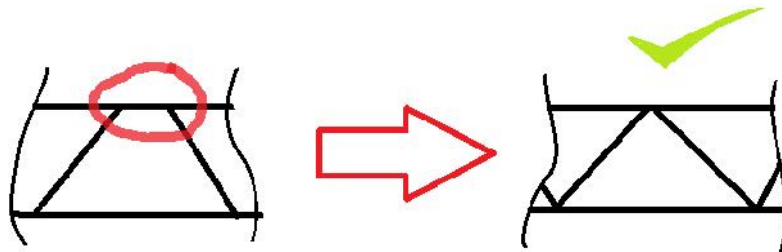
B.12.23 Materiales

No está permitido fabricar el chasis en titanio ni aleaciones de titanio.

B.12.4 Soldaduras

Está permitida la soldadura de elementos estructurales por cualquier medio, pero deberá resultar una estructura consistente.

B.12.4.1 En las estructuras de tipo celosía se deberá buscar la correcta triangulación en los nodos de la estructura.

**ARTÍCULO 13: MANDOS: MANILLAR Y ESTRIBERAS****B.13.1 Manillares y mandos manuales**

B.13.1.1 No está permitido el uso de manillares o semimanillares contruidos en aleación ligera, como el magnesio y el titanio.

B.13.1.2 Los soportes del manillar o semimanillar deberán estar diseñados con el fin de minimizar el riesgo de fractura en caso de caída.

B.13.1.3 Se deberán utilizar radios mínimos de 2 mm en el anclaje para facilitar deformaciones sin fractura.

B.13.1.4 El acelerador ha de ser de retorno automático de manera que se asegure el cierre de gas en caso de que el piloto suelte el mismo.

B.13.1.5 La maneta de embrague puede ser suministrada por un fabricante comercial.

B.13.1.6 La situación del accionamiento de la leva del embrague es libre con la restricción de que su longitud no podrá ser superior a 200mm y su extremo deberá ser una esfera de un diámetro mínimo de 18mm. La esfera puede estar rectificada con un plano de una anchura mínima de 14mm, los bordes del plano han de ser redondeados.

B.13.1.7 La maneta de freno proporcionada por la Organización no puede reemplazarse.

B.13.1.8 Está permitida la instalación de un regulador de presión para la leva del freno.

B.13.1.9 El pulsador del arranque eléctrico, si lo hubiere, deberá estar colocado en el manillar.

B.13.2 Estriberas y sus mandos

B.13.2.1 Las estriberas pueden montarse fijas o de tipo plegable, la cuales deben incorporar un dispositivo que las retorne a la posición normal y eviten un fácil plegado en carrera.

B.13.2.2 El extremo de cada estribera debe acabar en un radio esférico pleno y del mismo diámetro que la estribera.

B.13.2.3 Las estriberas plegables deben acabar en un tapón en aluminio, plástico, Teflón® o cualquier otro material equivalente en cuanto a dureza, fijado de forma permanente.

B.13.2.4 Las estriberas deberán disponer de protectores laterales para evitar que la bota del piloto pueda interferir con elementos móviles como cadena o neumático trasero.

~~B.13.2.5 El pedal de accionamiento del freno trasero proporcionado por la Organización no puede ser sustituido, pero sí modificado. El pedal de accionamiento del freno trasero es de elección libre.~~

ARTÍCULO 14: SISTEMA DE FRENADO

La motocicleta deberá disponer de sistema de frenado por discos tanto en eje delantero como trasero. La Organización suministrará varios elementos del sistema de frenado:

- Maneta de freno delantero + bomba.
- ~~Pedal de freno trasero~~ + Bomba de freno trasero.
- Pinzas de freno delantera y trasera.

B.14.1 Discos

B.14.1.1 Los discos de freno son de elección libre.

B.14.1.2 Los discos de frenos serán de aleaciones de acero. Queda totalmente prohibida la utilización de discos de freno de carbono y compuesto cerámicos.

B.14.1.3 Está prohibido el uso de discos ventilados interiormente.

B.14.2 Pinzas

Es obligatorio el uso de las pinzas de freno suministradas por la Organización, tanto en el eje delantero como trasero.

B.14.2.1 La pinza de freno trasera debe ser montada fija al basculante, y la calidad mínima del tornillo será 8.8 según la Norma EN ISO 898-1.

B.14.2.2 El montaje del soporte de la pinza trasera en el basculante puede realizarse mediante soldadura, atornillado o “*helicoil*”.

B.14.2.3 Las pastillas de los frenos delantero y trasero son de elección libre.

B.14.2.4 Los pasadores de las pastillas de freno delantero y trasero pueden cambiarse por cualquier tipo de cambio rápido.

B.14.2.5 No se autorizan conductos suplementarios de refrigeración practicados en la pinza.

B.14.2.6 Con el fin de reducir la transferencia de calor al líquido de frenos, se autoriza añadir placas metálicas a las pinzas de frenos, entre las pastillas y las pinzas y/o remplazar los pistones originales.

B.14.3 Bombas de freno

Es obligatorio el uso de las bombas de freno delantera y posterior proporcionadas por la Organización.

B.14.3.1 El depósito de líquido de frenos puede ser de fabricación propia o adquirido a un fabricante comercial.

B.14.3.2 Los latiguillos de freno son de elección libre. El paso del latiguillo para la pinza de frenos delantera debe hacerse por encima de la tija de la horquilla inferior (tija inferior).

B.14.3.3 Pueden utilizarse conectores rápidos en los latiguillos de freno.

B.14.4 Sistema ABS

El uso de sistema de frenos antibloqueo (ABS) no está permitido.

B.14.5 Líquido de frenos

El líquido hidráulico del sistema de frenos es de elección libre.

ARTÍCULO 15: SISTEMAS DE SUSPENSIÓN Y DIRECCIÓN

B.15.1 Suspensión

B.15.1.1 Están prohibidos aquellos sistemas de suspensión activos o semi-activos y /o controles electrónicos de cualquier aspecto de la suspensión, incluyendo aquellos que controlen la regulación de altura.

B.15.1.2 Los reglajes de suspensión y sistemas de los amortiguadores de dirección sólo pueden ser realizados de manera manual y mediante ajustes mecánicos/hidráulicos.

B.15.1.3 Los sistemas de suspensión serán convencionales de tipo mecánico. Los muelles deberán estar hechos de aleaciones de acero.

B.15.2 Horquillas delanteras

Es obligatorio el uso de la horquilla delantera suministrada por la Organización.

B.15.2.1 Las partes internas originales de las horquillas suministradas pueden modificarse o cambiarse.

B.15.2.2 No puede ser usado ningún sistema de suspensión de recambio o prototipo controlado electrónicamente.

B.15.2.3 Los tapones de horquilla pueden modificarse o remplazarse con el fin de permitir el reglaje externo.

B.15.2.4 Los retenes se pueden modificar, cambiar o retirarse mientras la horquilla quede completamente protegida.

B.15.2.5 El acabado superficial original de los tubos de las horquillas (barras, botellas) puede ser cambiado. Tratamientos superficiales adicionales están permitidos.

B.15.2.6 Está prohibido el uso de titanio, aleaciones ligeras y compuestos de fibra en los ejes de rotación de los componentes del sistema de suspensión delantera.

B.15.3 Amortiguador posterior

Es obligatorio el uso del amortiguador posterior suministrado por la Organización.

B.15.3.1 El amortiguador posterior suministrado por la Organización puede ser modificado, pero no sustituido.

B.15.3.2 El muelle de suspensión suministrado por la Organización puede ser reemplazado.

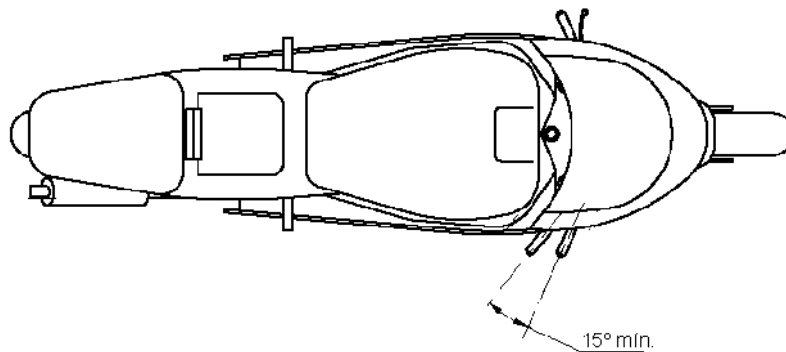
B.15.4 Sistema de dirección

B.15.4.1 Se permite la instalación de amortiguadores de dirección.

B.15.4.2 El amortiguador de dirección no puede actuar como dispositivo que limite el ángulo de giro.

B.15.4.3 En todo el recorrido de la dirección no deberá existir ningún elemento que interfiera en una tolerancia de 30mm entorno a los puños del manillar y accionamientos. El objetivo es evitar daños en las manos y dedos del piloto en caso de caída.

B.15.4.4 El ángulo de giro mínimo de la dirección deberá ser de 15° medidos a cada lado del eje longitudinal de la motocicleta.



B.15.4.5 El ángulo de giro deberá ir limitado con topes en ambos lados.

ARTÍCULO 16: LLANTAS Y NEUMÁTICOS

B.16.1 Llantas

Es obligatorio el uso de las llantas suministradas por la Organización. Las medidas de las llantas son:

- Delantera: 2.75" x 17"
- Trasera: 3.75" x 17"

B.16.1.1 Está permitido el uso de protectores de nilón en los extremos del eje para posibles caídas. Estos protectores deberán ser redondeados con un diámetro igual o superior al eje utilizado.

B.16.1.2 Los ejes de rueda no podrán sobresalir de su alojamiento en sus extremos más de 30mm. No se consideran en esta medida posibles protectores de nilón.

B.16.2 Neumáticos

Sólo los neumáticos procedentes del Suministrador Oficial en el año vigente se pueden usar en MotoStudent. MEF entregará un juego de slicks de seco a cada equipo en el kit inicial.

16.2.1 Si se desean más neumáticos tanto de seco como de lluvia se podrán adquirir a través de la Organización.

16.2.2 Está permitido el uso de calentadores de neumáticos.



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

Anexo 2

Aspectos geométricos de una motocicleta

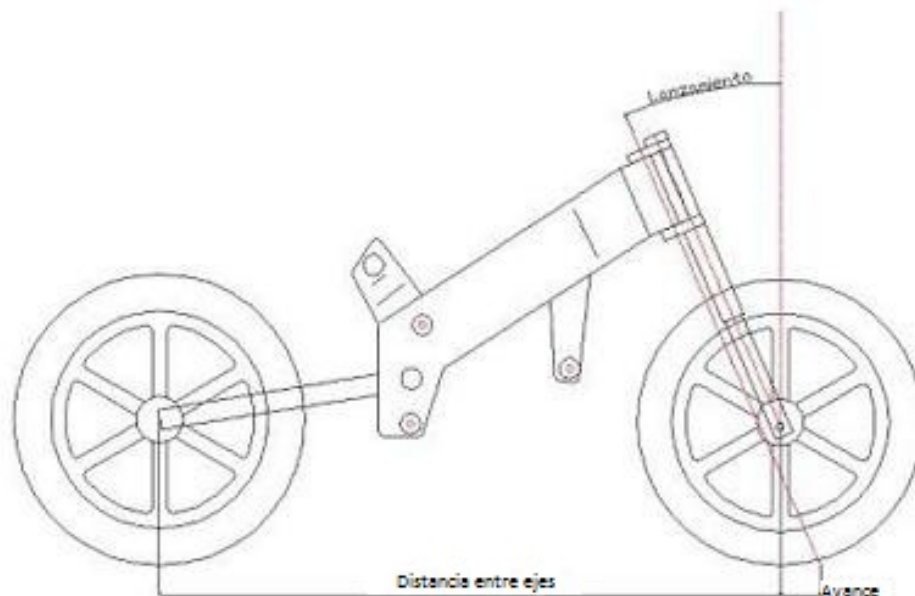
ANEXO 2

ASPECTOS GEOMÉTRICOS DE UNA MOTOCICLETA

Como ya se mencionó en el presente proyecto, el conocimiento de los aspectos geométricos que debe cumplir una motocicleta son claves para su buen diseño. Es por ello que se utilizará este anexo para definir y explicar los tres principales: *avance*, *lanzamiento* y *distancia entre ejes*.

La variación de estas geometría cambiaría totalmente el comportamiento y rendimiento de la motocicleta, por lo que se debe estudiar con detenimiento todos y cada uno de los factores geométricos.

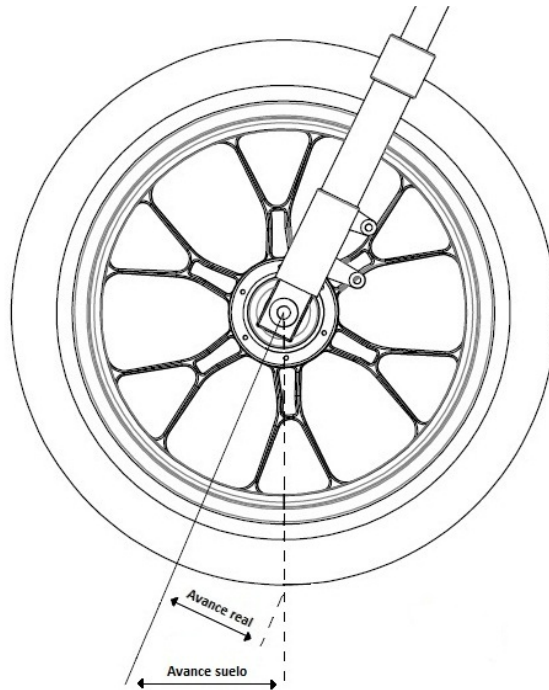
Generalmente no es posible hablar de un solo aspecto de la geometría de una moto. Cada aspecto geométrico interacciona con los otros y es, precisamente, la combinación de todos ellos lo realmente importante



Geometría básica de una motocicleta

1. Avance

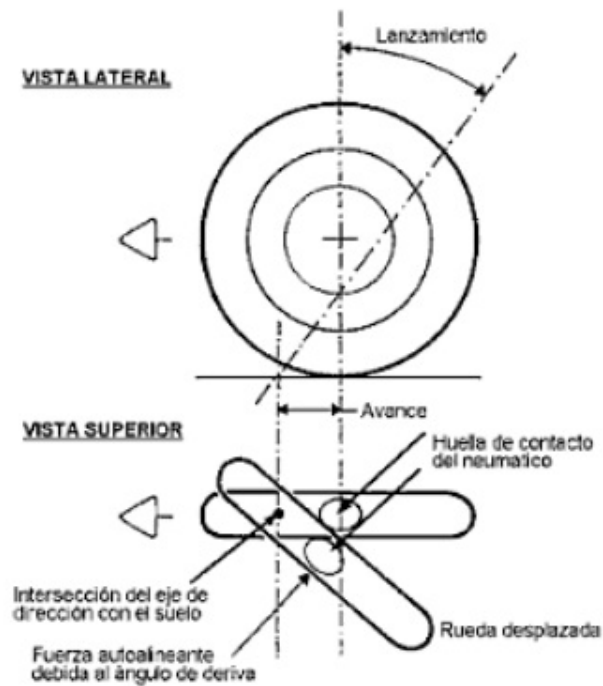
El avance es la distancia que existe, al nivel del suelo, entre el centro de la huella de contacto del neumático y el punto en el cual el eje de dirección intersecta con el suelo ("**avance en el suelo**"). Sin embargo, resultaría más lógico medir el avance como la distancia entre la huella de contacto del neumático y el eje de dirección en ángulo recto con respecto a ese eje ("**avance real**"). El avance real es aproximadamente el 90% del avance en el suelo.



Diferencia entre avance real y avance en el suelo

El objetivo principal del avance es el de dar a la motocicleta una cierta estabilidad direccional, aunque también es importante en el inicio de la fase de inclinación de la motocicleta a la entrada de una curva. Tanto el neumático delantero como el trasero tocan el suelo por detrás del punto donde el eje de dirección lo hace, y esto provoca un efecto de autocentrado en ambas ruedas. Este avance hace que cualquier fuerza que se genere sobre el neumático cree un momento alrededor del eje de dirección (Fuerza x Distancia) que es precisamente el que ayuda a conducir la moto. Existirán dos tipos de avances: positivo y negativo.

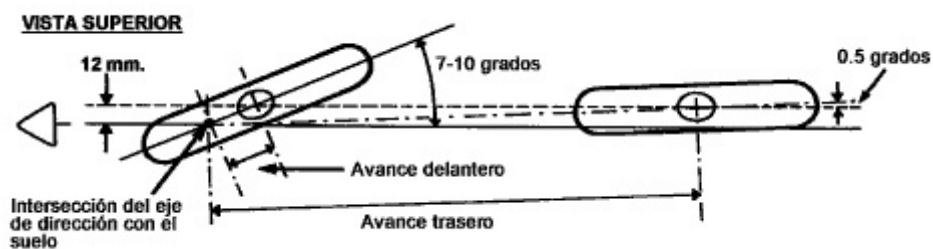
El avance positivo es aquel en el que la huella de contacto queda por detrás del eje de dirección, generando un momento corrector que girará la dirección de forma que ayude a la rueda a ir en la dirección deseada (efecto contramanillar). Por ello si la dirección se girara por algún motivo imprevisto, el avance positivo se encargaría de contrarrestarlo inmediatamente el giro proporcionando estabilidad.



Avance positivo

El avance negativo es aquel en el que la huella de contacto queda por delante del eje de dirección, creando un momento que reforzaría la perturbación inicial y convertiría a la motocicleta en direccionalmente inestable.

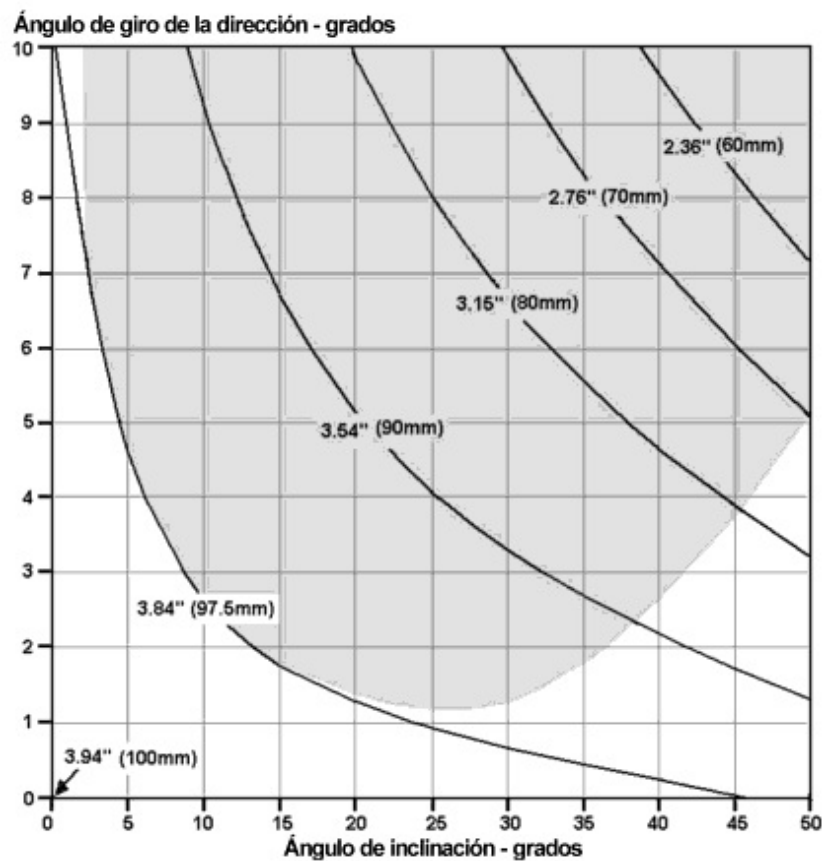
En cuanto a la influencia en este aspecto geométrico la rueda delantera será mucho más determinante que la trasera, a pesar de tener un avance mucho menor. Esto se debe a que el ángulo de deriva¹ de la rueda trasera será mucho menor que el de la delantera.



Ángulo de deriva de la rueda delantera y trasera

¹ Ángulo que forman el plano de la rueda con la trayectoria real seguida por la motocicleta debido a la fuerza lateral.

Los avances típicos oscilan entre los 80 y 120mm, sin embargo una pequeña variación de esto puede provocar grandes cambios en la motocicleta. Dicho avance variará durante la conducción en función del ángulo de inclinación, el ángulo de giro de la dirección o el radio del perfil del neumático. A continuación se muestra una gráfica donde se muestran diferentes valores de avance en función del ángulo de inclinación y del ángulo de giro de la dirección. La zona oscura delimita las combinaciones improbables de que se produzcan en la realidad.



Gráfica de variación del avance

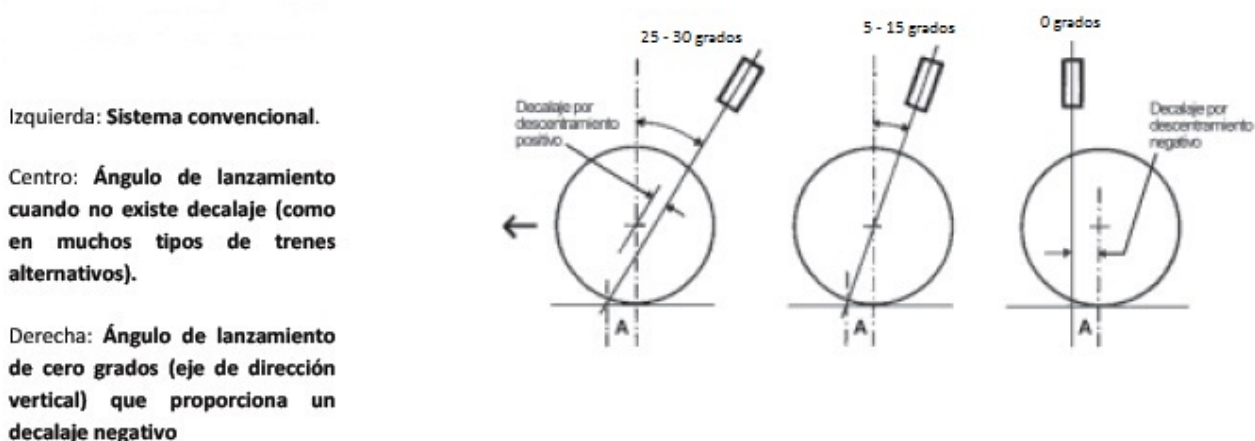
Se debe tener en cuenta que:

- Un avance mayor proporcionará un momento mayor. Esto supondrá una menor agilidad de la motocicleta en el paso por curva.
- Un avance pequeño proporcionará un momento menor, pero la moto será muy ágil en el paso por curva.

2. Ángulo de lanzamiento

Se conoce por lanzamiento el ángulo que forman la pipa de dirección y la normal de la rueda delantera. El lanzamiento en sí no hace más que determinar qué avance tendrá la motocicleta. Históricamente dichos ángulos han variado entre los 23 y 30 grados (sin considerar los ángulos enormes utilizados por las 'Custom'). Sin embargo, desde siempre ha existido una tendencia gradual al uso de ángulos de lanzamiento más pequeños, sobre todo en motos deportivas y de competición. Valores de lanzamiento que eran considerados inestables décadas atrás, se emplean ahora de forma habitual, variando entre los 20 y 23 grados.

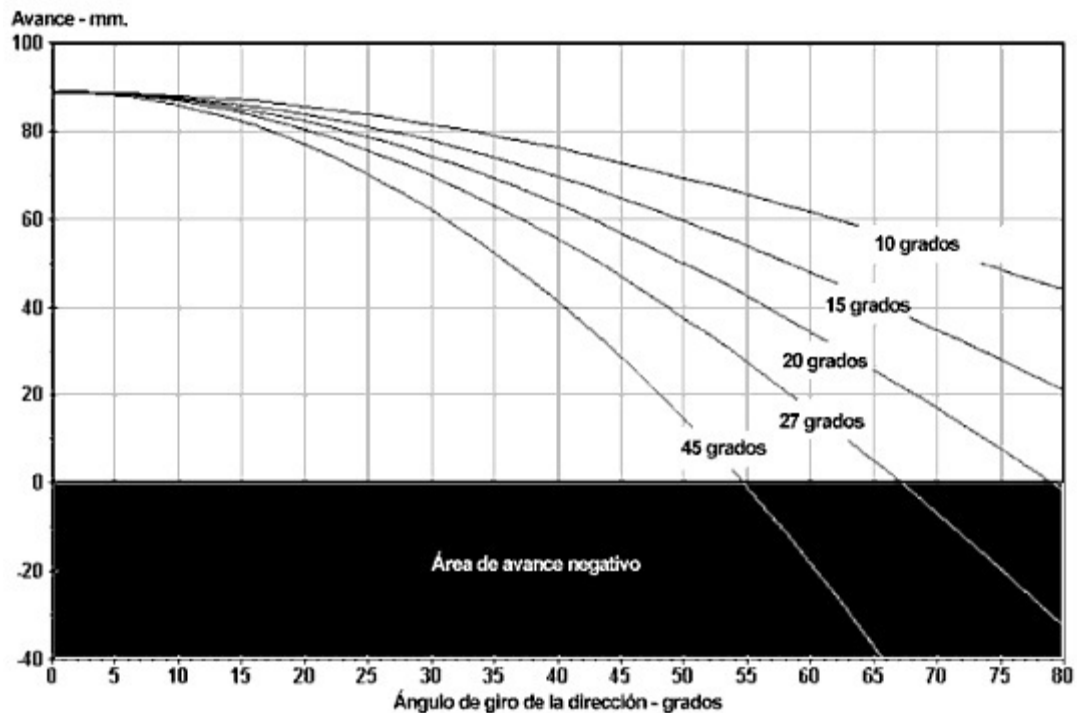
Un motivo que explica esta reducción gradual del ángulo de lanzamiento es la facilidad de construcción. Durante las últimas décadas se ha buscado un reparto de pesos con el tren delantero más cargado, llevándose al piloto más hacia delante. Obviamente, esto es más fácil de conseguir con una pipa de dirección más adelantada y, por tanto, con un lanzamiento menor.



Distintos lanzamientos para el mismo avance por descentramiento

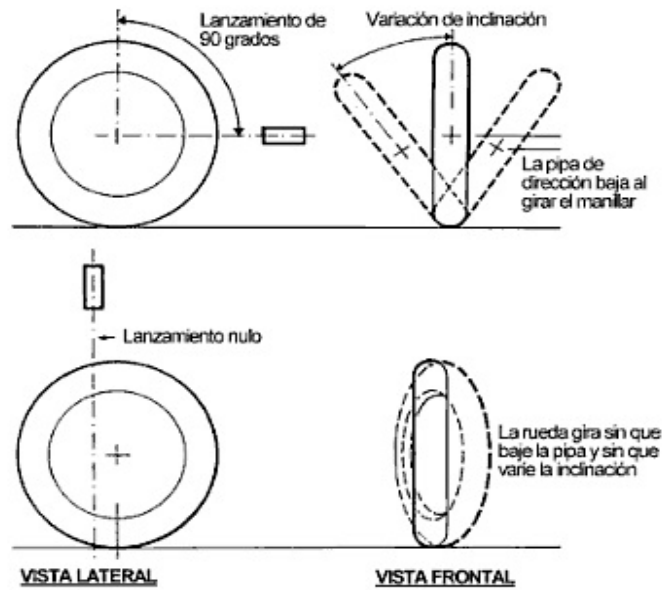
Si observamos el mundo de la competición, la mayoría de las motocicletas actuales suelen utilizar un **ángulo de lanzamiento variable**. Para ello se utilizan pipas de dirección formadas por un tubo de gran diámetro, en el interior del cual se montan los rodamientos de la dirección alojados en unos insertos excéntricos. El ángulo de lanzamiento se ajusta variando el descentramiento de los insertos excéntricos. Evidentemente, al variar el lanzamiento también cambiarán otros parámetros como el avance, la distancia entre ejes o la distribución de pesos. Además el lanzamiento reduce el ángulo de giro efectivo que existe entre el neumático y el suelo, comparado con el ángulo que giramos el manillar.

Como ya se ha comentado en el apartado anterior, existe la posibilidad de que se produzca un avance negativo. Al estar el avance y el ángulo de lanzamiento totalmente relacionados, este último influirá en la aparición o no de un avance negativo. A continuación se muestra una gráfica en la que se puede observar las distintas combinaciones de avance (eje de ordenadas), lanzamiento (curvas) y ángulo de giro de la dirección (eje de abscisas) que darían como resultado un avance negativo (zona oscura).



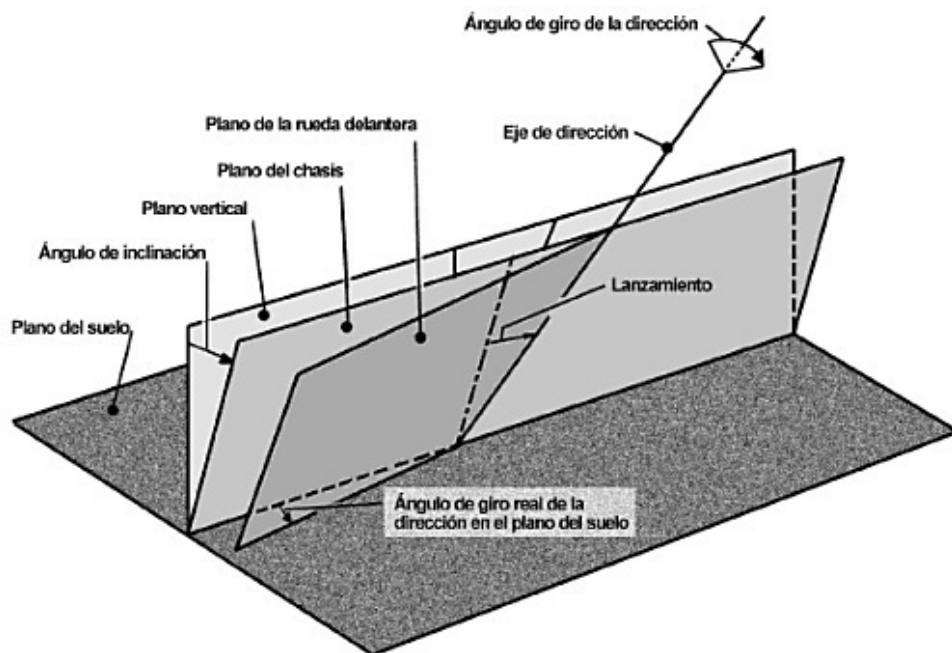
Combinaciones para avance negativo

Otro aspecto en el cual influye el lanzamiento es en la caída de la pipa. Con una motocicleta normal, es decir con avance positivo, en posición vertical la pipa de dirección bajará conforme se gire el manillar hacia un lado. Cuanto mayor sea el ángulo de lanzamiento, mayor será la caída. Dicha caída tiende a trabajar contra el efecto autoalineante del lanzamiento, ya que para volver a girar el manillar hasta la posición de línea recta, debemos levantar el considerable peso que soporta la pipa de dirección. Esto puede apreciarse mejor observando el efecto para un ángulo de lanzamiento exagerado de 90°.



Caída de la pipa con y sin ángulo de lanzamiento

Para un mejor entendimiento de los términos ángulo de inclinación, ángulo de giro real de la dirección, etc. Así como la forma en la que afectan al lanzamiento, se muestra el siguiente esquema intuitivo de lo que sería la representación de una motocicleta mediante planos. Esto ayudará a visualizar varios efectos geométricos debidos a la inclinación y el giro.



Esquema de una motocicleta mediante planos

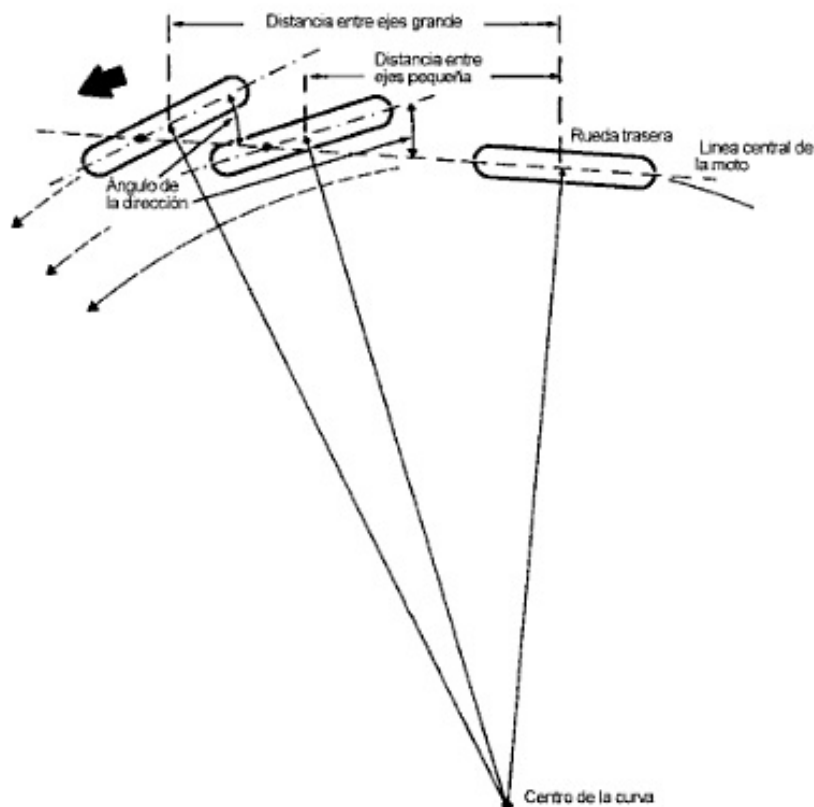
Uno de los planos representa la mayor parte del chasis, incluyendo la rueda trasera, mientras que el otro es el plano central de la rueda delantera. El plano frontal puede rotar alrededor del eje de dirección contenido en el plano trasero y el plano trasero puede inclinarse respecto a la vertical.

3. Distancia entre ejes

Por definición, la distancia entre ejes es la distancia entre los centros de las ruedas cuando las suspensiones están en reposo. Esta distancia tiene diversos efectos pero, en general, cuanto mayor es la distancia mayor es la estabilidad direccional y mayor el esfuerzo necesario para negociar las curvas. Existen tres razones principales para esto.

- **Ángulo de giro requerido**

Para una curva dada con un radio determinado, una motocicleta con una mayor distancia entre ejes necesita girar más la rueda delantera hacia el interior de la curva, tal y como se muestra en la siguiente figura. Es por ello que será necesario un mayor esfuerzo para negociar las curvas. Por otro lado, una posible flexión de la rueda delantera debida a un bache o cualquier otro imprevisto tendría un efecto menor en la estabilidad direccional.



Ángulos de giro según la distancia entre ejes

- **Ángulo de la rueda trasera**

Para una determinada flexión lateral, el ángulo formado entre la rueda trasera y la dirección de avance es menor con una distancia entre ejes grande, por lo que mejoraría la estabilidad direccional. Esto es debido a que se reducen los desplazamientos laterales de la rueda trasera. Para una mejor apreciación se adjunta la siguiente figura.



Giro de la rueda trasera según la distancia entre ejes

- **Efectos de inercia**

La distancia entre ejes tiene un efecto determinante en la transferencia de pesos que ocurre durante la frenada y la aceleración de la motocicleta. Para una altura dada del centro de gravedad, una mayor distancia entre ejes supondrá una menor transferencia de pesos. Además, a mayor distancia entre ejes la moto se volverá más estable y dificultosa a la hora de moverla, debido al aumento de los momentos de inercia de los planos de cabeceo² y guiñada³.

4. Geometrías de nuestra motocicleta

Una vez conocidos y entendidos los diferentes aspectos geométricos que influyen en el comportamiento de una motocicleta se deberá conocer cuál es el valor de dichas geometrías en nuestra motocicleta. De este modo, el diseño de los elementos auxiliares se realizará de forma que dichas geometrías no se vean alteradas, contribuyendo al buen comportamiento de la motocicleta.

En el caso de nuestra motocicleta, las geometrías seleccionadas son las siguientes:

Ángulo de lanzamiento: 23° (con posibilidad de variarlo gracias al diseño de la pipa).

Distancia entre ejes: 1305mm

Avance: Variará en función de la longitud de las horquillas.

² Movimiento de giro de la motocicleta hacia delante o atrás debido a las fuerzas de frenado y aceleración.

³ Movimiento angular alrededor del eje vertical.



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

Anexo 3

Herramientas informáticas utilizadas

ANEXO 3

HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS UTILIZADAS

Para el desarrollo del presente proyecto, junto con la bibliografía consultada, se ha hecho uso de dos herramientas informáticas principales: SolidWorks y SolidWorks Simulation. Al ser éstas unas herramientas de un complejo funcionamiento, se procederá a definir y explicar sus funciones básicas. De esta forma se podrá tener una idea general de los procedimientos y herramientas que se han usado para el diseño del chasis.

1. SolidWorks

SolidWorks® es un programa de diseño mecánico en 3D que utiliza un entorno gráfico basado en Microsoft® Windows®, intuitivo y fácil de manejar. Su filosofía de trabajo permite plasmar sus ideas de forma rápida sin necesidad de realizar operaciones complejas y lentas.

Las principales características que hace de **SolidWorks®** una herramienta versátil y precisa es su capacidad de ser **asociativo**, **variacional** y **paramétrico** de forma bidireccional con todas sus aplicaciones. Además utiliza el **Gestor de diseño (FeatureManager)** que facilita enormemente la modificación rápida de operaciones tridimensionales y de croquis de operación sin tener que rehacer los diseños ya plasmados en el resto de sus documentos asociados.

Junto con las herramientas de diseño de **Pieza**, **Ensamblajes** y **Dibujo**, **SolidWorks®** incluye **Herramientas de Productividad**, de **Gestión de Proyectos**, de **Presentación** y de **Análisis y Simulación** que lo hacen uno de los estándares de diseño mecánico más competitivo del mercado.

1.1. Introducción

SolidWorks® es una solución de diseño tridimensional completa que integra un gran número de funciones avanzadas para facilitar el modelado piezas, crear grandes ensamblajes, generar planos y otras funcionalidades que le permiten validar, gestionar y comunicar proyectos de forma rápida, precisa y fiable.

SolidWorks® se caracteriza por su entorno intuitivo y por disponer de herramientas de diseño fáciles de utilizar. Todo integrado en un único programa de diseño con más de 45 aplicaciones complementarias para facilitar el desarrollo de sus proyectos.

La característica que hace que **SolidWorks®** sea una herramienta competitiva, ágil y versátil es su capacidad de ser paramétrico, variacional y asociativo, además de usar las **Funciones Geométricas Inteligentes** y emplear un **Gestor de Diseño (FeatureManager)** que permite visualizar, editar, eliminar y actualizar cualquier operación realizada en una pieza de forma bidireccional entre todos los documentos asociados.

1.2. Características de SolidWorks®

La definición de parámetros clave, la **Asociatividad**, las **Funciones geométricas inteligentes** y el **Gestor de diseño**, son las principales características de **SolidWorks®**.

1.2.1 Definición de parámetros clave

Los parámetros clave son las dimensiones (**cotas**) y las **Relaciones Geométricas** que definen un modelo tridimensional. **SolidWorks®** asocia a cada una de las cotas de un croquis así como a las operaciones tridimensionales un nombre que permite modificarla en cualquier momento y su actualización en el resto de documentos asociados.

1.2.2 Asociatividad

SolidWorks® contiene tres módulos: **Pieza**, **Ensamblaje** y **Dibujo**. La creación de un documento en cada uno de ellos genera un fichero con distinta extensión. Los documentos, aunque no pueda observarse, están asociados y vinculados entre ellos.

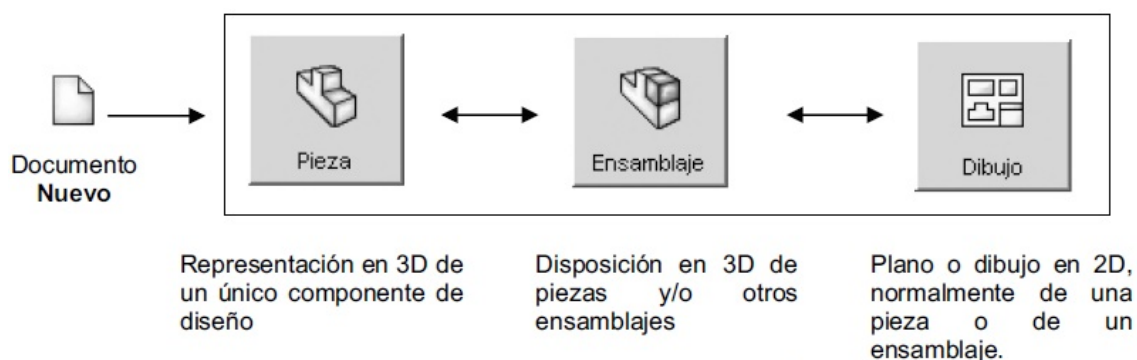


Figura 1.1. Módulos existentes en **SolidWorks®**

Para realizar un conjunto o ensamblaje debe diseñar cada una de las piezas que lo conforman y guardar como ficheros de pieza distintos (cada uno con un nombre). El módulo de ensamblaje permite insertar cada una de las piezas y asignar relaciones geométricas de posición para definir tridimensionalmente el ensamblaje. Finalmente, puede obtener los planos las piezas o del propio ensamblaje de forma automática.

Cuando se dice que **SolidWorks®** es asociativo quiere decir que todos los documentos (**Pieza**, **Ensamblaje** o **Plano**) están vinculados y que la modificación de un fichero de pieza modifica el ensamblaje y los planos asociados de forma automática, sin la participación del usuario. Los ficheros se actualizan aunque se encuentren cerrados.



Es importante tener los documentos de un ensamblaje juntos en una misma carpeta. Para abrir un ensamblaje **SolidWorks®** necesita los ficheros de las piezas de que se compone. Si los ficheros no se encuentran en la misma carpeta debe buscarlos de forma manual.

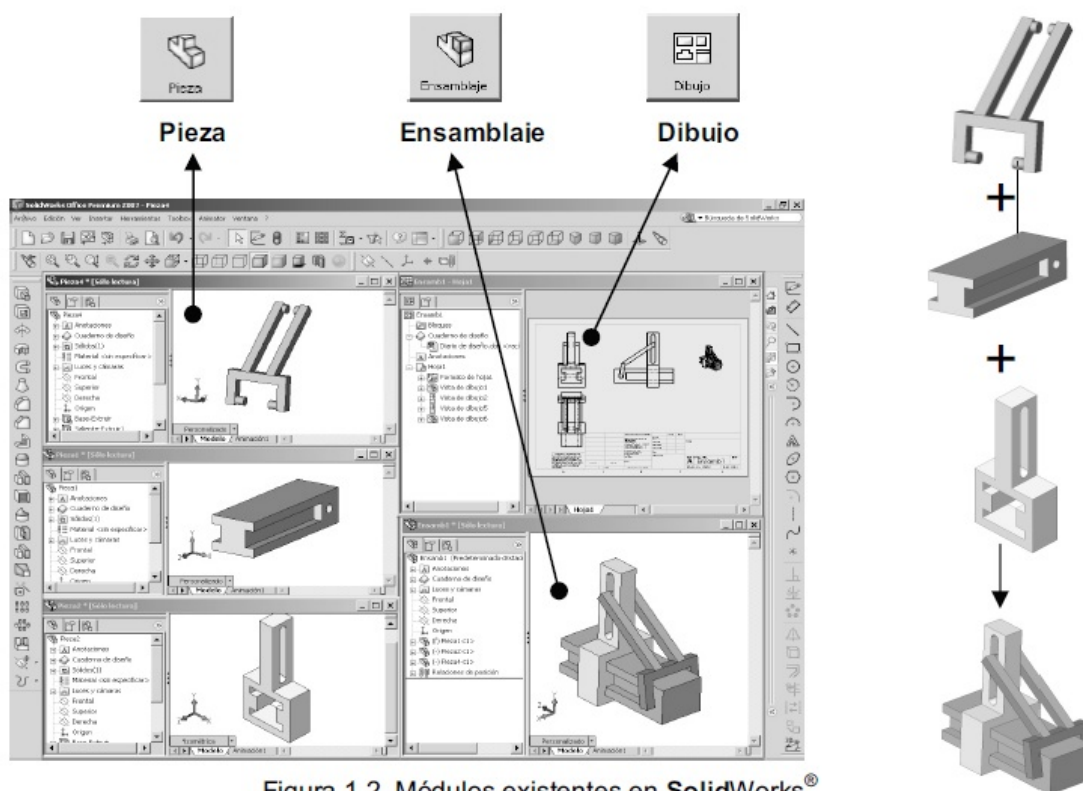


Figura 1.2. Módulos existentes en SolidWorks®

1.2.3 Funciones Geométricas Inteligentes

La creación de **Taladros**, **Chaflandes**, **Redondeos**, **Vaciados** o la creación de **Nervios**, entre otras operaciones, son creadas de forma rápida, ágil e intuitiva. En muchas operaciones el proceso de definición está guiado y puede previsualizar la operación antes de su aceptación definitiva.

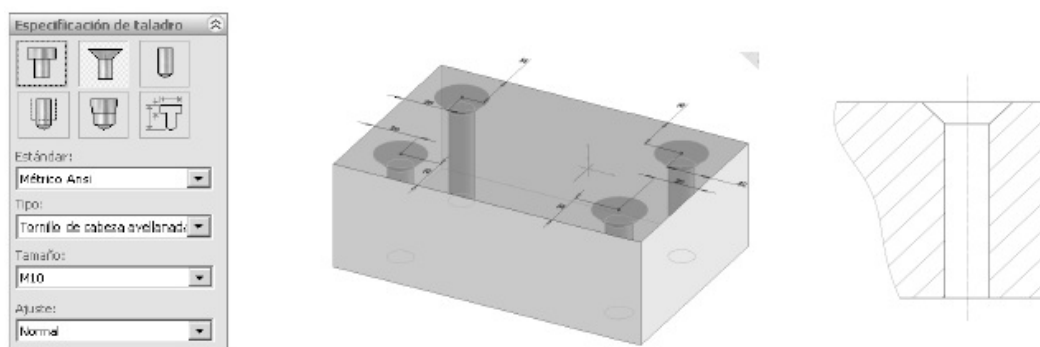


Figura 1.3. Función Geométrica Inteligente de Taladro.

1.2.4 Gestor de diseño

También es conocido como árbol de operaciones o **FeatureManager**. En él se incluyen de forma histórica todas las operaciones que han sido necesarias efectuar para conformar la pieza durante su diseño. Las operaciones recientes se encuentran al final del árbol mientras que las más antiguas son las primeras en aparecer.

El **Gestor de Diseño** permite **Visualizar/ocultar** operaciones, **Suprimirlas** o **Eliminarlas**, **Cambiar el color** y, lo que es más importante, **Modificar sus parámetros de definición**. Puede establecer nuevas relaciones de posición geométrica o modificar la dimensión de una cota de croquis u operación.

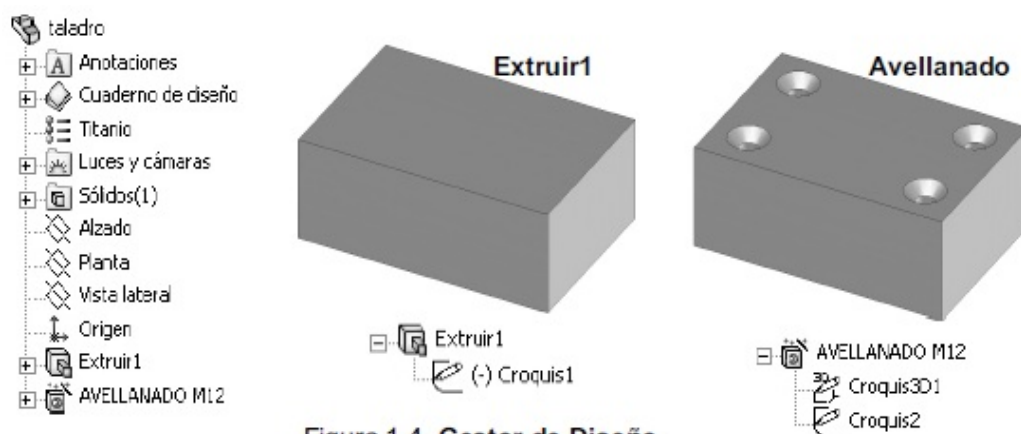


Figura 1.4. Gestor de Diseño.

1.3. Módulos de SolidWorks®

SolidWorks® contiene tres módulos: **Pieza**, **Ensamblaje** y **Dibujo**. En cada uno de ellos se disponen de múltiples herramientas de **Productividad**, **Comunicación** y **Análisis-simulación**.

1.3.1 Pieza

El **Módulo de Pieza** constituye un entorno de trabajo dónde puede diseñar modelos mediante el empleo de herramientas de diseño de operaciones ágiles e intuitivas. Su facilidad de uso se debe al empleo de un entorno basado en **Microsoft Windows®** y en el uso de funciones clásicas como arrastrar y colocar, cortar y pegar o marcar y hacer *clic* con el ratón.

El conjunto de funciones e iconos permiten crear modelos tridimensionales (3D) partiendo de geometrías de croquis (2D) y obtener sólidos, superficies, estructuras metálicas, piezas de chapa, piezas multicuerpo, etc.

Los modelos creados se gestionan mediante el **Gestor de Diseño** dónde se incluyen todas las operaciones 3D y 2D utilizadas en la obtención de la pieza. Puede modificar operaciones sin necesidad de eliminar y volverlas a crear.

El **Módulo de Pieza** está totalmente integrado con el resto de módulos y funcionalidades de forma que cualquier cambio en su modelo 3D se actualiza en el resto de ficheros asociados (**Ensamblajes**, **Dibujo**, etc.) de forma bidireccional.

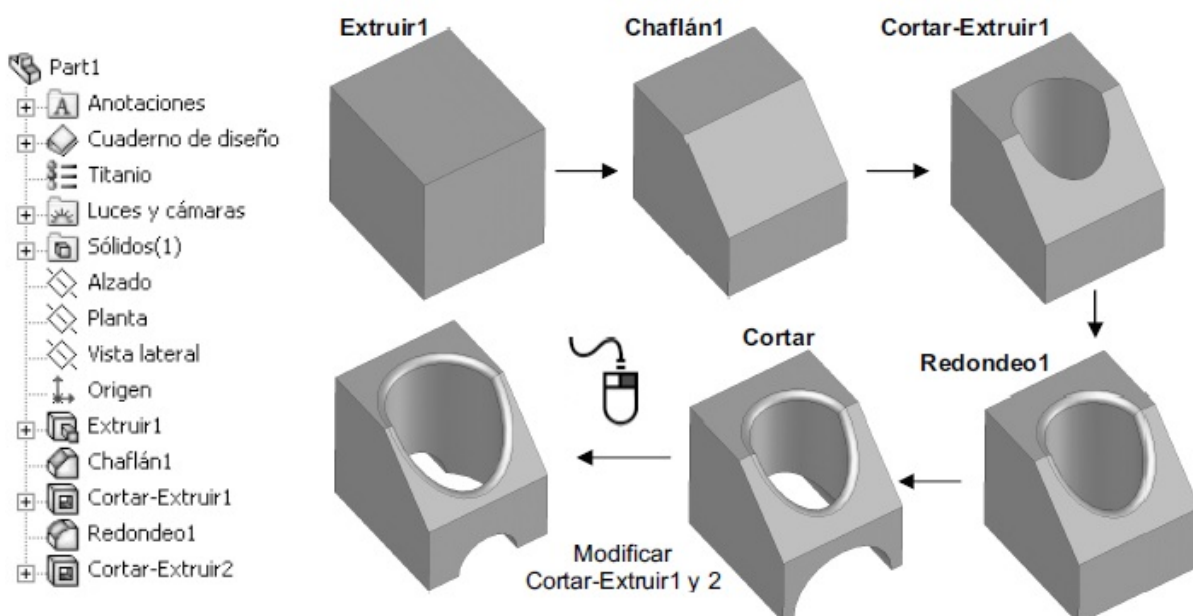


Figura 1.5. Gestor de Diseño. Creación y modificación de operaciones.

1.3.2 Ensamblaje

En **Módulo de Ensamblaje** está formado por un entorno de trabajo preparado para crear conjuntos o ensamblajes mediante la inserción de los modelos 3D creados en el **Módulo de Pieza**. Los ensamblajes se definen por el establecimiento de **Relaciones Geométricas** entre las piezas integrantes.

La creación de ensamblajes permite analizar las posibles interferencias o choques entre los componentes móviles insertados así como simular el conjunto mediante motores lineales, rotativos, resortes y gravedad y evaluar la correcta cinemática del conjunto.

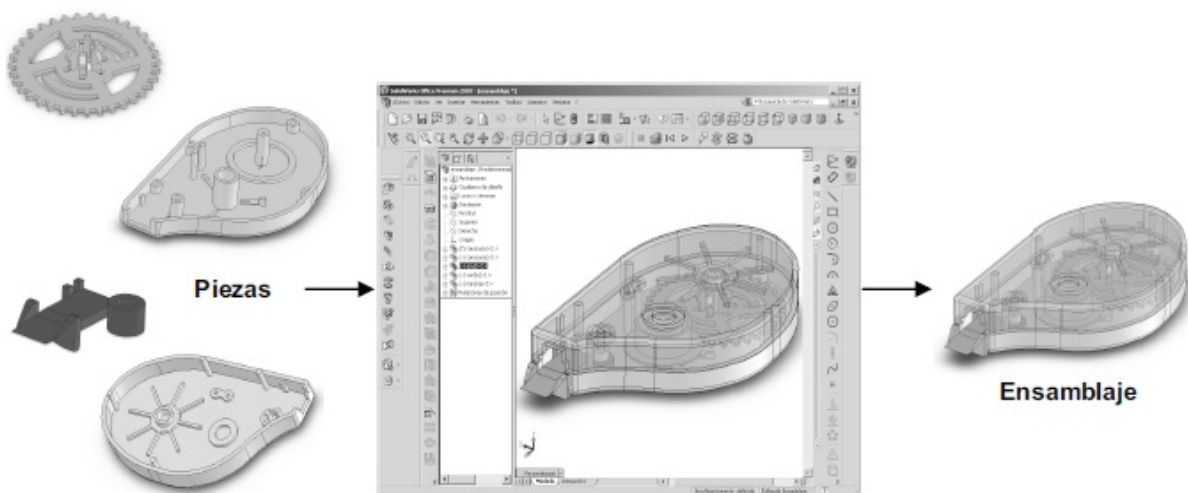
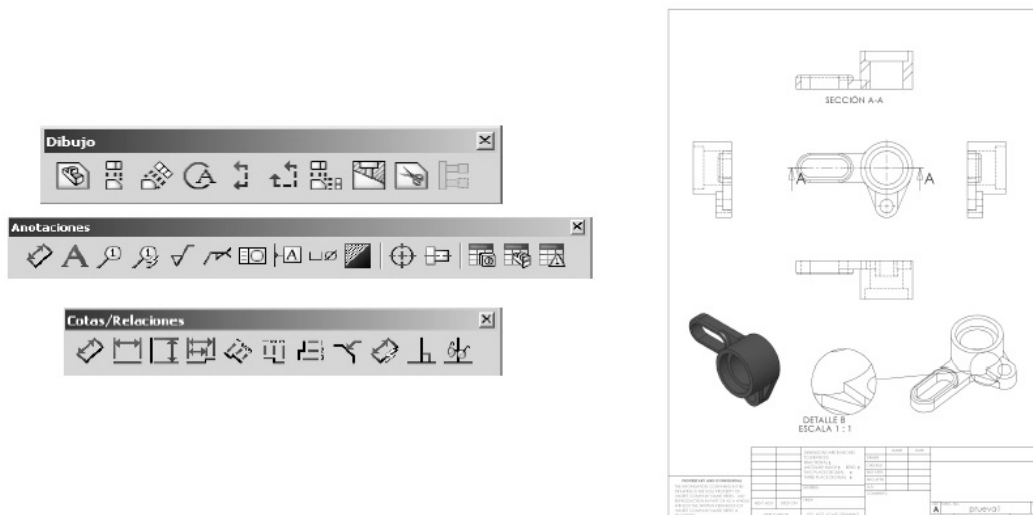


Figura 1.6. Módulo de Ensamblaje de SolidWorks®.

1.3.3 Plano o dibujo

Es el tercer módulo integrado en **SolidWorks®** que permite crear planos con las vistas de los modelos o ensamblajes de forma automática y en muy poco tiempo. La obtención de las vistas, alzado, planta y perfil requiere únicamente pulsar sobre un icono o arrastrar la pieza 3D desde su ventana hasta la ventana del dibujo.

El **Módulo de Dibujo** permite obtener proyecciones ortogonales (**Vistas Estándar**), **Secciones y Cortes**, **Perspectivas**, **Acotación**, **Lista de materiales**, **Vistas Explosionadas**, entre otras muchas funciones. Los documentos de dibujo están totalmente asociados a las piezas y ensamblajes de forma que cualquier cambio en ellas se actualizan en tiempo real en sus planos, sin tener que modificarlos de forma manual.



1.4. Otras aplicaciones de SolidWorks®

Incluidas en la versión Office Professional de SolidWorks®.

1.4.1 Simulación y movimiento

Es una herramienta intuitiva de **Simulación Física** incluida en **SolidWorks®** que permite agregar distintos movimientos a los componentes que forman su ensamblaje para evaluar como la forma, las dimensiones y las relaciones geométricas establecidas entre ellos definen la cinemática de su conjunto. Es una ayuda imprescindible para asegurar la ausencia de interferencias o choques entre los elementos de un ensamblaje.

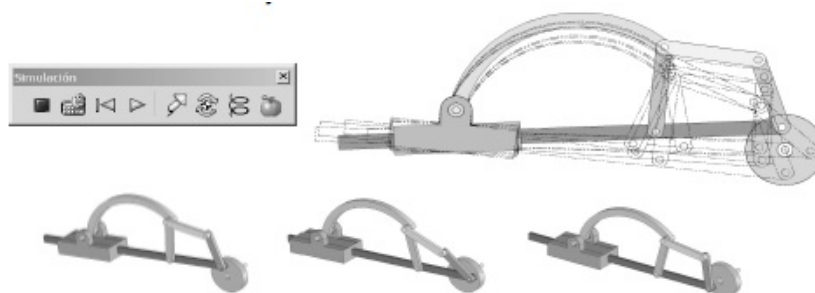


Figura 1.7. Simulación y movimiento con Motor rotativo. Imagen cedida por cortesía J.M del Castillo.

Puede agregar **Motores lineales, Rotativos, Gravedad y Resortes**, animar su conjunto y grabar la animación en formato de video **AVI**. Además, la simulación del movimiento obtenida le ayudará en la definición de las cargas y condiciones de contorno cuando emplee la herramienta **CosmosXpress** para evaluar el comportamiento mecánico de su producto.

1.4.2 Análisis de interferencia

Está formado por herramientas incluidas en el **Módulo de Ensamblaje** cuyo objeto es detectar posibles interferencias en conjuntos o ensamblajes. De entre las principales herramientas destacan aquellas que determinan el volumen real de la interferencia entre dos o más componentes, los taladros de ajuste forzado y las interferencias entre cierres roscados, entre otras.

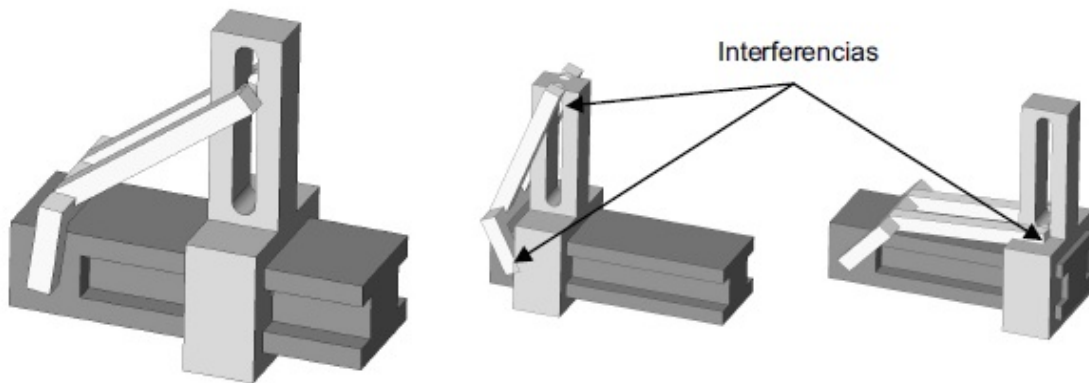


Figura 1.8. Análisis de interferencias.

1.4.3 Del 2D al 3D

Constituye un conjunto de herramientas que le ayudará a convertir sus antiguos o modernos dibujos bidimensionales a una pieza en 3D mediante la definición del croquis y su posterior modelado tridimensional. Útil para convertir proyectos que actualmente se tienen en planos 2D y que desea parametrizar a 3D. Admiten ficheros DWG.

SolidWorks® incluye **DWGEditor®**, aplicación que permite modificar, crear y mantener documentos DWG en un entorno muy parecido a AutoCAD®.

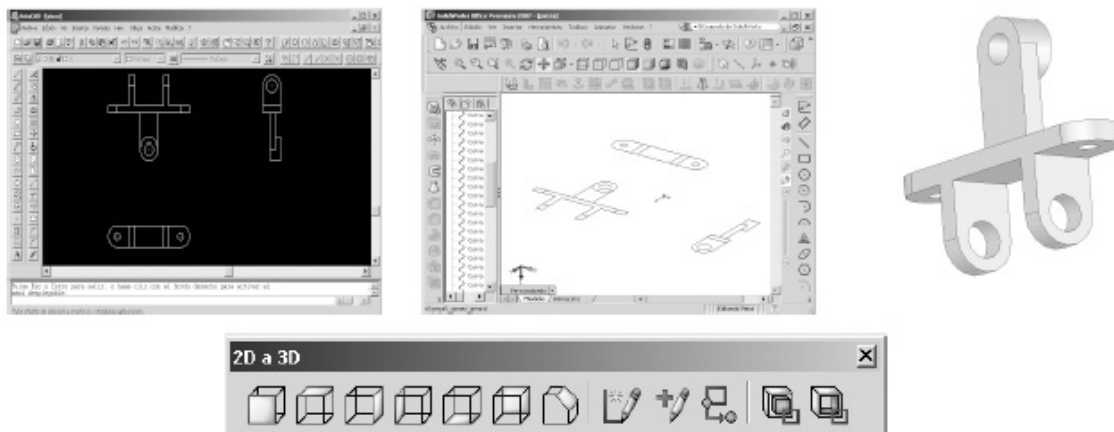


Figura 1.9. Del 2D al 3D. Conversión de planos 2D de AutoCAD® a 3D en SolidWorks®.

1.4.4 Superficies

Constituye un conjunto de herramientas que permiten crear superficies complejas en el modelado de piezas mediante operaciones como **Recubrimientos** o **Barridos** con **Curvas Guía**, operaciones de **Relleno**, entre otras.

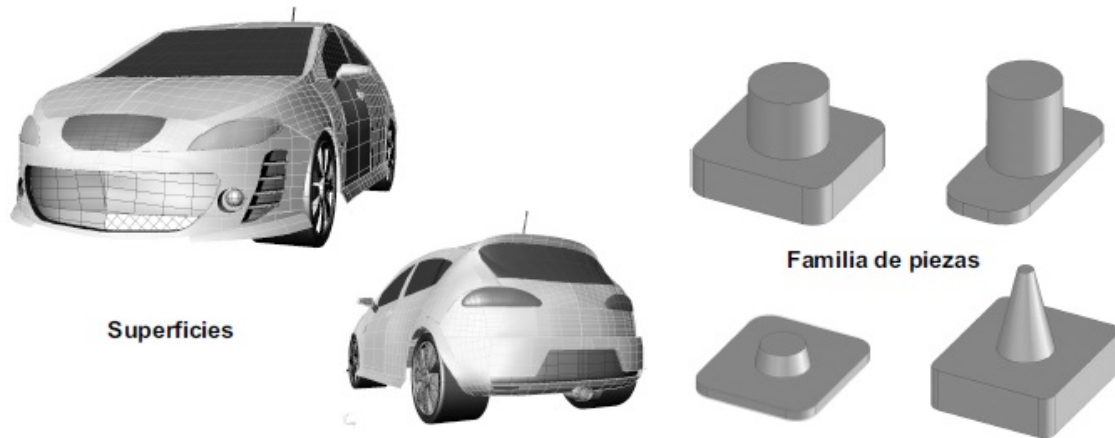


Figura 1.10. Superficies y creación de Familia de piezas con Tablas de Diseño.

1.4.5 Tablas de diseño (configuraciones)

Herramienta que permite obtener gran número de variaciones de un diseño de pieza o ensamblaje (Familia de piezas) en un único documento mediante la variación de las dimensiones, relaciones geométricas u otros parámetros. **SolidWorks®** permite crear una familia de piezas con diferentes configuraciones mediante la creación de una hoja de cálculo en **Microsoft Excel®** y su vinculación a **SolidWorks®**.

1.4.6 Moldes

El **Módulo de moldes** contiene un conjunto de herramientas que permiten obtener la cavidad de un molde de inyección de plásticos (macho-hembra) a partir de una pieza en 3D. Se incluyen funciones como el **Análisis del Ángulo de salida**, creación de la **Línea de partición** y la **Creación automática de la cavidad**, entre otras funciones.

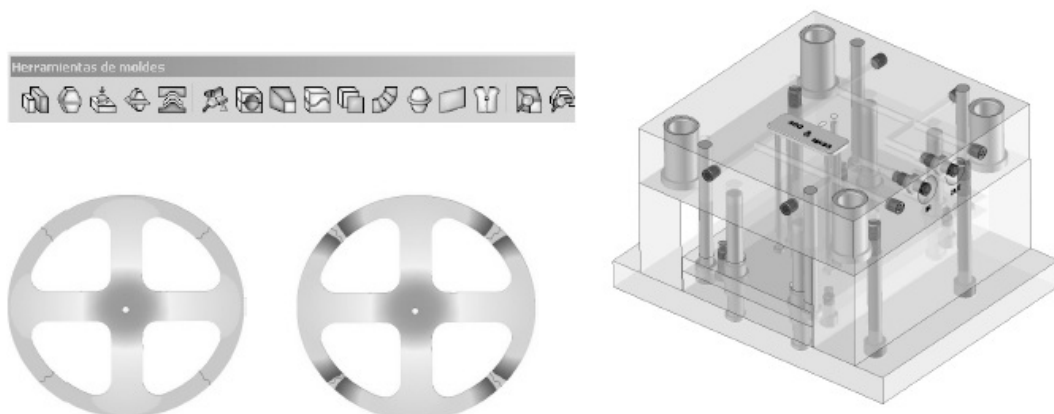


Figura 1.11. Herramientas de moldes. Imagen cedida por cortesía de Miguel Ángel Gómez.

1.4.7 CosmosXpress

Herramienta simplificada de análisis basada en el Método de los Elementos Finitos (FEM) que permite conocer el comportamiento mecánico (tensiones y deformaciones) sufridas por una pieza al ser cargada con fuerzas o presiones después de haber indicado las restricciones de movimiento en alguna de sus caras.

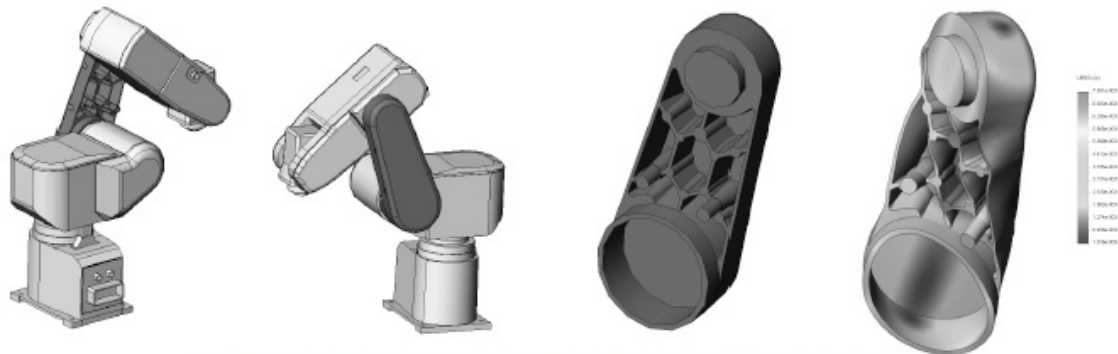


Figura 1.12. Evaluación del comportamiento mecánico de una pieza.

1.4.8 MoldFlowXpress

Herramienta de validación simplificada de Análisis por Elementos Finitos basada en **MoldFlow®**. Simula el proceso de inyección de un termoplástico en la cavidad de un molde. Permite seleccionar el tipo de material, la ubicación de la entrada, la temperatura del frente de flujo y la temperatura del molde.

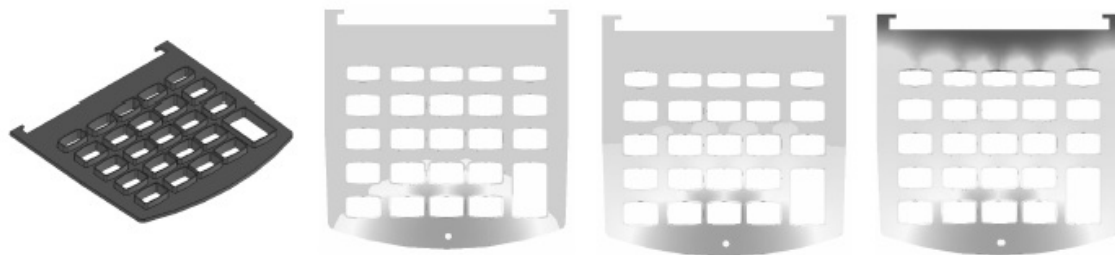


Figura 1.13. Simulación del proceso de inyección.

1.4.9 SmartMates (Tecnología Inteligente)

Las herramientas **SmartMates** permiten ahorrar tiempos de diseño por permitir crear relaciones de posición de forma automática en los ensamblajes.

1.4.10 Chapa metálica

Permite diseñar piezas de **Chapa Metálica** de forma automática y desdoblarlas para conocer su geometría desarrollada o plana. Está formado por un conjunto de herramientas de fácil aplicación como: incluir **Doblec**, **Insertar pliegues**, **Remarcar contornos**, introducir **Doblados**, etc.

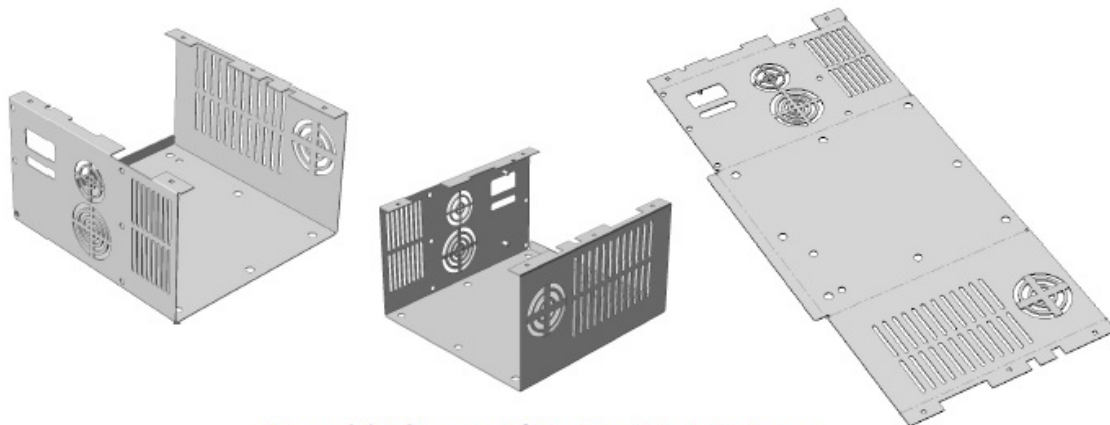


Figura 1.14. Chapa metálica. Desdoblado de chapa.

1.4.11 Traductor IDF

Puede crear modelos de circuitos impresos y sus componentes por la importación de archivos IDF (.emn, .brd y .idb). Los modelos obtenidos forman una sola pieza con la placa y operaciones de extrusión que definen cada uno de los componentes.

1.4.12 Traductores CAD

Integrado en cada uno de los módulos. Permite traducir y reconocer más de 20 ficheros CAD distintos: CGR (CATIA® graphics), HCG (CATIA® highly compressed graphics), Pro/ENGINEER®, IPT (Autodesk Inventor®), Mechanical Desktop®, Unigraphics®, PAR (Solid Edge™), CADKEY®, IGES, STEP, Parasolid®, SAT (ACIS®), VDA-FS, VRML, STL, DWG, DXF™, TIFF, JPG, entre otros.

1.4.13 Lista de materiales

Permite insertar una **Tabla de materiales** y una **Distribución de Globos** en su dibujo para identificar cada una de las piezas, sus cantidades y las propiedades. La inserción automática de **Globos** en un dibujo asigna una numeración a cada pieza y la relaciona con la tabla de materiales.

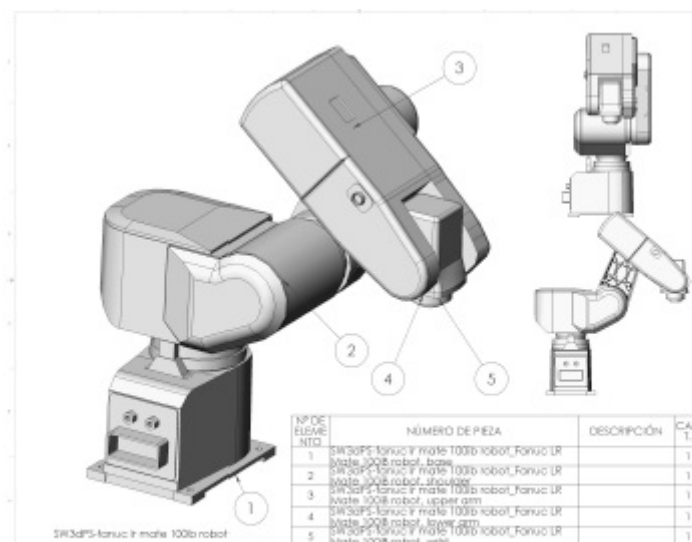


Figura 1.15. Plano con Lista de materiales.

1.5. Herramientas de Colaboración

Las herramientas de colaboración las forman el **eDrawings®**, **PhotoWorks®**, **SolidWorks Animator®**, **SolidWorks Viewer®** y el **3D Instant Website®**. Todas estas aplicaciones permiten compartir y comunicar la información de diseño con terceros a través de Internet.

1.5.1 eDrawing®

Visualizador de ficheros de SolidWorks® que permite comunicar diseños en 2D y 3D sin tener que tener SolidWorks® instalado. Con la versión profesional puede marcar, tomar medidas, visualizar animaciones, ver vistas explosionadas, entre otras funciones. Además puede visualizar ficheros 3D de AutoCAD®, Inventor®, Pro/Engineer®, Catia® V5, Unigraphics® y Solid Edge®.

1.5.2 PhotoWorks®

Es una aplicación útil en la creación de imágenes fotorrealísticas y de alta calidad. Permite mostrar el aspecto final de su diseño antes de tenerlo fabricado y elimina la fabricación de prototipos visuales. Dispone de una extensa **Biblioteca de materiales**, **Texturas** e **Iluminación** que simulan entornos prácticamente reales.

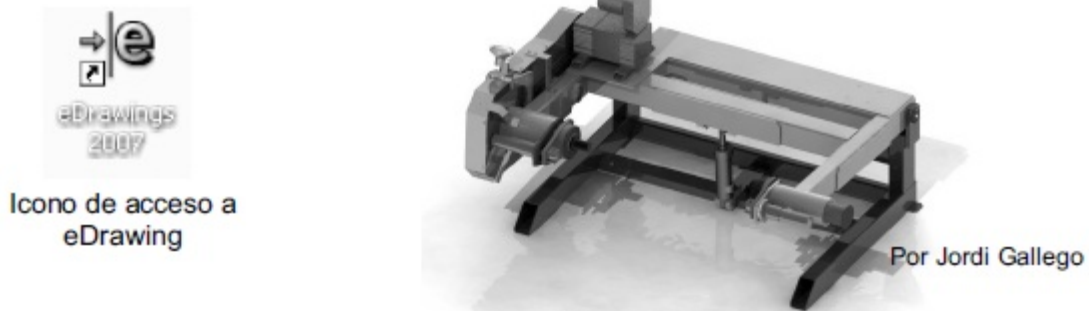


Figura 1.16. Icono de eDrawing. Imagen fotorrealística de una máquina.

1.5.3 SolidWorks Animator®

Permite crear videos en formato **AVI** con las animaciones del producto diseñado. Puede crear animaciones de explosionados, colapsados, rotación de su diseño o animaciones en las que se vea cómo actúan cada uno de los elementos que conforman el conjunto durante su funcionamiento. Las animaciones creadas pueden ser reproducidas por el cliente sin necesidad de tener instalado **SolidWorks®**.

1.5.4 SolidWorks Viewer®

Visualizador de **Piezas, Ensamblajes y Dibujos** incluido en **SolidWorks®**.

1.5.5 3D Instant Website®

Permite comunicar a sus clientes sus productos y nuevos diseños mediante la creación de una página Web interactiva en 3D con formato **XML** y **XSL**. La creación de la página Web se realiza de forma fácil y automática desde **SolidWorks®**. Permite visualizar el contenido de forma interactiva y en 3D con herramientas como **Rotar, Aumentar vista**, entre otras.

1.6. Herramientas de Productividad

Las herramientas de productividad permiten reducir el tiempo de diseño e incluyen soluciones como: **DWGEditor, SolidWorks Toolbox, Solid Utilities, SolidWorks Design Checker, FeatureWorks, SolidWorks Task Schedule, SolidWorks Routing, Scan to 3D y Rhino to SolidWorks Add-in**, entre otras.

1.6.1 DWGEditor®

Es una aplicación incluida en **SolidWorks®** que permite crear y editar dibujos de AutoCAD® con extensión DWG y DXF. Es compatible con las versiones 2.5 hasta la más moderna (AutoCAD® 2008) y su entorno es muy parecido al de AutoCAD®.

1.6.2 SolidWorks Toolbox®

Es una biblioteca de piezas estándar paramétricas que emplea la tecnología **SmartPart** y que está formada por componentes mecánicos como rodamientos, tornillos, tuercas, engranajes, levas, pernos, entre otros. La aplicación incluye otras como una **Calculadora de vigas** capaz de determinar el esfuerzo y la deflexión o una **Calculadora de rodamientos**, útil en la determinación de la capacidad y vida de un rodamiento, entre otras aplicaciones.

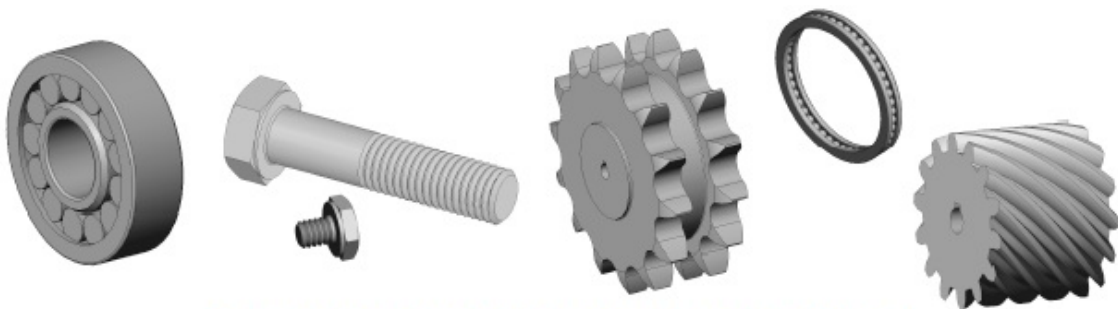


Figura 1.17. Elementos normalizados creados con Toolbox.

1.6.3 Solid Utilities®

Es una aplicación que permite conocer las diferencias entre dos versiones de la misma pieza además de **Suprimir** o **Modificar** las operaciones efectuadas en una de ellas.

1.6.4 SolidWorks Design Checker®

Es una herramienta muy útil en la confección de planos que le indicará los elementos que no cumplen con los estándares definidos. Es una aplicación que puede ayudar a revisar los planos de forma automática antes de enviarlos a un cliente.

1.6.5 FeatureWorks®

Permite reconocer la geometría 3D de modelos importados en formatos diferentes a los nativos de **SolidWorks®** y generar el árbol de operaciones de forma automática. Su empleo ayuda a mejorar la capacidad de edición y la modificación de las geometrías importadas.

1.6.6 Scan to 3D®

Permite importar una nube de puntos escaneados para convertirlos en superficies o sólidos editables en **SolidWorks®**.

1.6.7 SolidWorks Task Schedule®

Aplicación que permite ejecutar aquellas tareas que consumen demasiado tiempo cuando no se está presente frente al ordenador. De esta forma puede programar que se realicen de forma automática cálculos o la impresión por lotes sin estar presente.

1.6.8 SolidWorks Routing®

Aplicación para la creación de tubos, cañerías, cables eléctricos o colectores de cable de forma automática y precisa. Útil en el diseño de máquinas, instalaciones o cualquier elemento que emplee enrutamientos. Convierte las rutas 2D en 3D de forma automática y ofrece la lista de materiales creados así como información sobre sus conexiones.



Figura 1.18. Scan to 3D y SolidWorks Routing.

1.6.9 Rhino to SolidWorks Add-in®

Herramienta que facilita la comunicación y colaboración entre **Rhinoceros 3D®** y **SolidWorks®**. Permite abrir ficheros .3dm de **Rhinoceros 3D®** sin necesidad de convertirlos a formatos estándar como IGES o parasólidos.

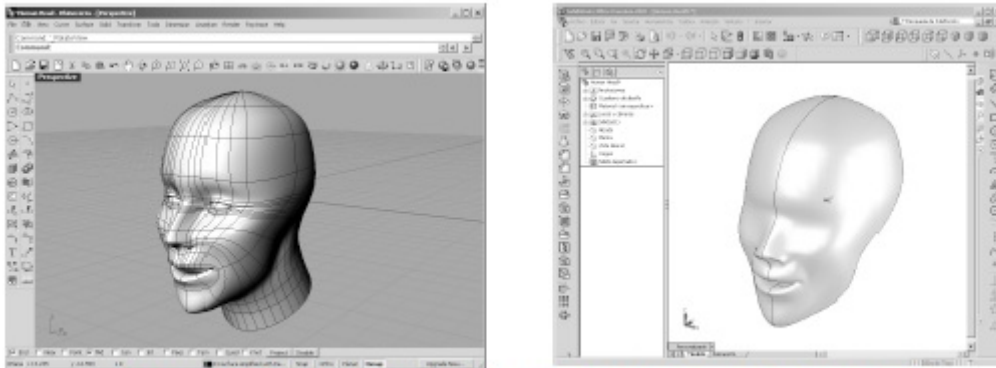


Figura 1.19. Comunicación entre Rhinoceros 3D y SolidWorks®.

1.7. Gestión de proyectos

SolidWorks® contiene un conjunto de soluciones que permiten gestionar proyectos mediante la administración de archivos CAD y la gestión de información de productos (PDM). Su empleo facilita el control de las revisiones efectuadas en los proyectos y la trazabilidad de la información.

1.7.1 SolidWorks Explorer®

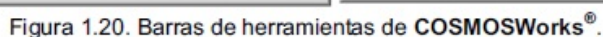
Es un administrador de archivos CAD intuitivo basado en Windows Explorer®. Permite localizar **Piezas**, **Ensamblajes**, **Dibujos** u otros ficheros CAD generados en el equipo del usuario, en la **Biblioteca de Diseño** de Internet o en la Web de **3D ContentCentral**.

1.7.2 PDMworks Workgroup®

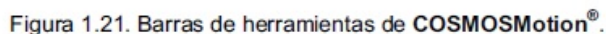
Es una herramienta que permite gestionar la información de los proyectos cuando se trabaja de forma individual o colectiva.

Forman un conjunto de soluciones integradas en **SolidWorks®** que emplean el Método de los Elementos Finitos para analizar y simular el comportamiento mecánico (**COSMOSWorks®**), el comportamiento cinemática y dinámico (**COSMOSMotion®**) y el comportamiento de fluidos (**COSMOSFlowWorks®**).

COSMOSWorks® es la aplicación completa que permite estudiar el comportamiento mecánico de sus modelos 3D de forma más precisa y teniendo en cuenta otros aspectos que no son evaluados por **COSMOSXpress®**.



Aplicación que permite estudiar las condiciones de funcionamiento de un ensamblaje por la simulación del movimiento de sus partes integrantes. Combina el movimiento basado en las condiciones físicas con las restricciones geométricas y contiene una gran variedad de herramientas de visualización de resultados: aceleración, vector de fuerza, colisiones, etc. Es una herramienta adecuada para crear prototipos virtuales y validar el funcionamiento del mecanismo diseñado.



Herramienta de dinámica de fluidos que permite simular transferencia de calor, flujos compresibles, subsónicos y supersónicos, mezcla de gases, cavitación, entre otras.

212

1.9. Soluciones de diseño con SolidWorks®

SolidWorks® se comercializa en tres versiones: **SolidWorks® Office Premium**, **SolidWorks® Office Professional** y **SolidWorks®**. La versión más completa es la **Premium** que incluye todas las herramientas disponibles para el diseño, validación, gestión y comunicación de proyectos. Las otras dos versiones contienen menos herramientas y cada una de ellas es aplicable en función de sus necesidades de uso.

SolidWorks® Office Premium. Es la solución más completa de las tres. No sólo permite diseñar piezas, ensamblajes y realizar los planos de sus diseños sino que además ofrece todas las herramientas de **Verificación, Simulación, Gestión, Validación y Comunicación del diseño.**

SolidWorks® Office Professional. Incluye el programa CAD (pieza, ensamblaje y dibujo) y las mismas aplicaciones que la versión **Premium** excepto **SolidWorks Routing, ScanTo 3D** y las herramientas avanzadas de validación **COSMOS®**.

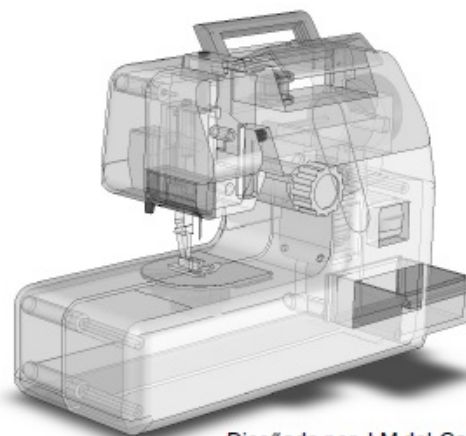
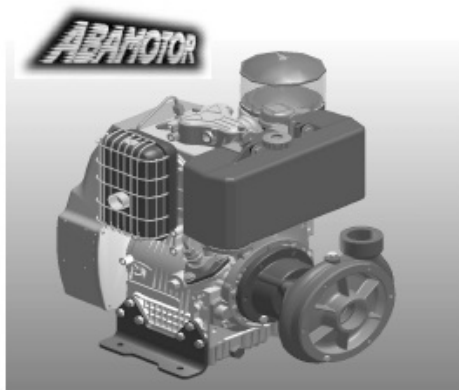
SolidWorks®. Solución simple que contiene el programa de CAD en 3D **SolidWorks®** y las herramientas sencillas de simulación **COSMOSXpress®** y **MoldFlowXpress®**. Además incluye el **DWGeditor®** para crear, gestionar y modificar documentos realizados en **AutoCAD®**.

	SolidWorks®	SolidWorks® Office Profesional	SolidWorks® Office Premium
Software de CAD en 3D de SolidWorks	•	•	•
DWGeditor	•	•	•
COSMOSXpress	•	•	•
MoldFlowXpress	•	•	•
eDrawings Professional		•	•
SolidWorks Utilities		•	•
SolidWorks Animator		•	•
Toolbox		•	•
FeatureWorks		•	•
PhotoWorks		•	•
Programador de tareas de SolidWorks		•	•
3D Instant Website		•	•
SolidWorks Design Checker		•	•
PDMWorks Workgroup		•	•
SolidWorks Routing			•
COSMOSWorks Designer			•
COSMOSMotion			•
ScanTo3D			•

Figura 1.22. Versiones de SolidWorks®.

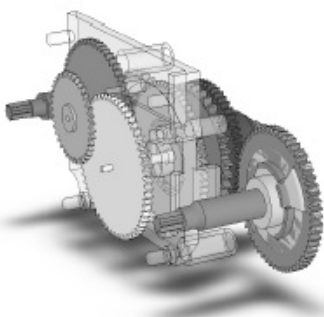
1.10. Ámbitos de aplicación de SolidWorks®

Actualmente la herramienta de diseño mecánico **SolidWorks®** se emplea en sectores tan diversos como el Aeroespacial, Automoción, Defensa, Educación y Universidades, Ingeniería civil, Ingeniería industrial, Ingeniería marina, Ingeniería mecánica Investigación y desarrollo y en Simulación, entre otros campos.

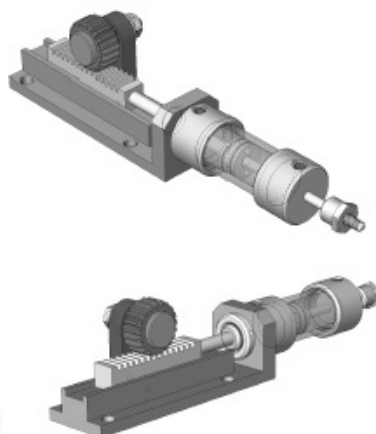


Diseñado por J.M del Castillo y J.Gómez

Fontini



Maquinaria de un Reloj diseñada por
Leonor Mª Díaz Fernández



Mecanismo diseñado por
Cristóbal García Céspedes



Moto RC diseñada por Ivan
Bartrina, Josep Sisa, Carlos
Garcia, Andrés Ruperez y Aleix
Vernet.

Figura 1.23. Diferentes ámbitos de aplicación de SolidWorks®.



2. SOLIDWORKS SIMULATION

SolidWorks Simulation será el complemento de SolidWorks utilizado para analizar los componentes diseñados.

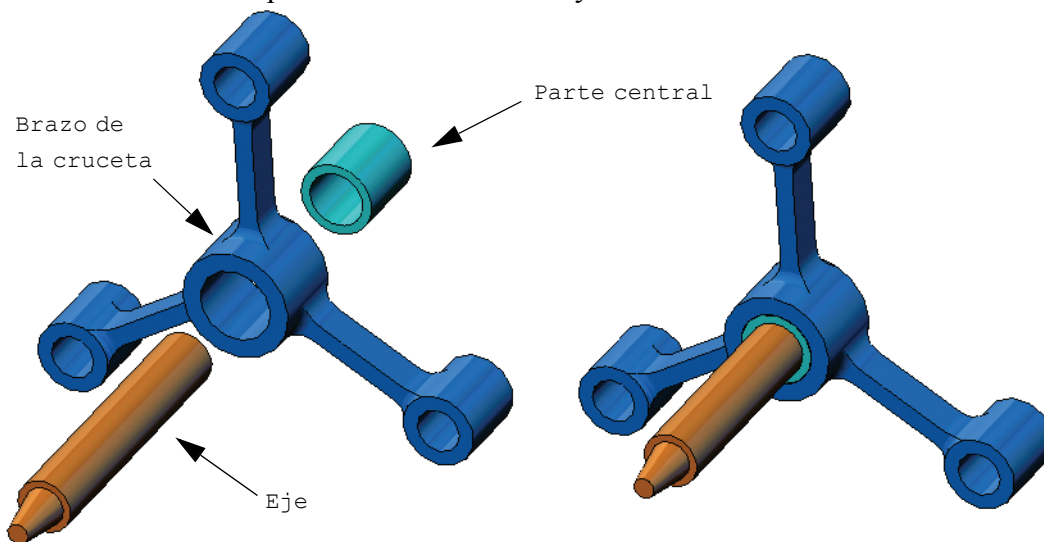
Este complemento analizará mediante elementos finitos el elemento que se desee. Para ello será necesario un mallado previo, así como la aplicación de las cargas con las que se desee evaluar el componente.

Lección 1: Funcionalidad básica de SolidWorks Simulation

Objetivos de esta lección

- ❑ Presentar los análisis de diseño como una herramienta esencial para complementar el modelado 3D con SolidWorks. Una vez terminado correctamente, los estudiantes deberían comprender los conceptos básicos del análisis de diseño y cómo SolidWorks Simulation los implementa. Los estudiantes deben ver cómo los análisis pueden ahorrar tiempo y dinero al reducir los ciclos de diseño, que son costosos y necesitan mucho tiempo.
- ❑ Presentar el análisis de diseño mediante un Ejercicio de aprendizaje activo. El Ejercicio de aprendizaje activo está diseñado para romper el hielo al hacer que los estudiantes lleven a cabo unos pocos pasos para completar un análisis. Teniendo en cuenta este concepto, los pasos se realizan con una descripción mínima.
- ❑ Presentar el concepto de mallado del modelo. La malla generada depende de las preferencias de mallado activas. Estas opciones no se explican en esta lección. En la lección se explica la configuración de las opciones de mallado para que todos los estudiantes obtengan una malla similar y, por tanto, resultados similares. La descripción de estas opciones está disponible al hacer clic en el botón Help (Ayuda) del PropertyManager donde se hayan especificado.

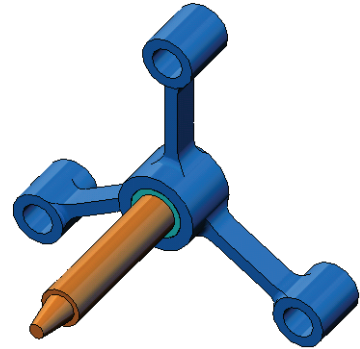
Los resultados del análisis pueden variar ligeramente dependiendo de las versiones/ versiones de compilación de SolidWorks y SolidWorks Simulation.



Ejercicio de aprendizaje activo: Realización de un análisis estático

Use SolidWorks Simulation para realizar un análisis estático del ensamblaje Spider.SLDASM que se muestra a la derecha.

A continuación, se proporcionan instrucciones paso a paso.




Creación de un directorio SimulationTemp

Se recomienda guardar los Ejemplos de educación de SolidWorks Simulation en un directorio temporal a fin de guardar la copia original para su uso posterior.

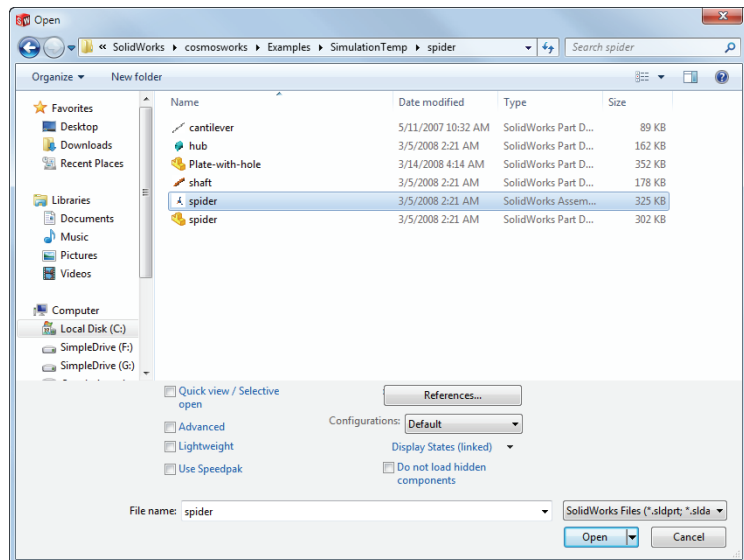
- 1 Cree un directorio temporal denominado SimulationTemp en la carpeta Examples (Ejemplos) del directorio de instalación de SolidWorks Simulation.
- 2 Copie el directorio Ejemplos de educación de SolidWorks Simulation en el directorio SimulationTemp.

Apertura del documento Spider.SLDASM

- 1 Haga clic en **Open (Abrir)**

 en la barra de herramientas Standard (Estándar). Aparece el cuadro de diálogo Open (Abrir).

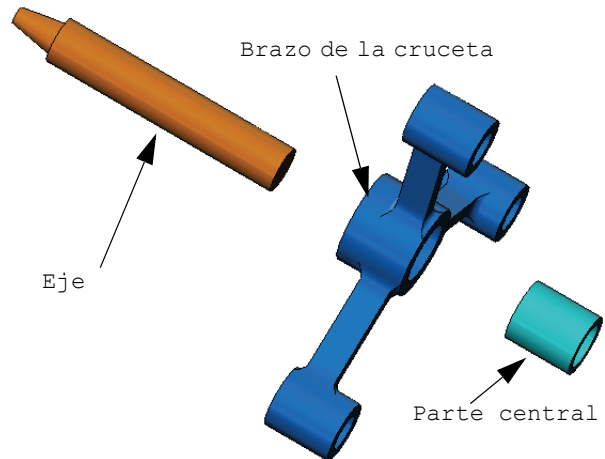
- 2 Desplácese a la carpeta SimulationTemp del directorio de instalación de SolidWorks Simulation.
- 3 Seleccione Spider.SLDASM.



4 Haga clic en **Open** (Abrir).

Se abre el ensamblaje spider.SLDASM.

El ensamblaje spider (cruceta) tiene tres componentes: eje, parte central y brazo de la cruceta. La figura que se incluye a continuación muestra los componentes del ensamblaje en una vista explosionada.



Selección del menú SolidWorks Simulation

Si SolidWorks Simulation está instalado correctamente, aparece el menú SolidWorks Simulation en la barra de menús de SolidWorks. De lo contrario:



1 Haga clic en **Tools, Add-Ins** (Herramientas, Complementos).

Aparece el cuadro de diálogo **Add-Ins** (Complementos).

2 Seleccione las casillas de verificación situadas junto a SolidWorks Simulation.

Si SolidWorks Simulation no se encuentra en la lista, es necesario instalarlo.

3 Haga clic en **OK** (Aceptar).

El menú Simulation aparecerá en la barra de menús de SolidWorks.

Establecimiento de las unidades del análisis

Antes de empezar esta lección, estableceremos las unidades del análisis.

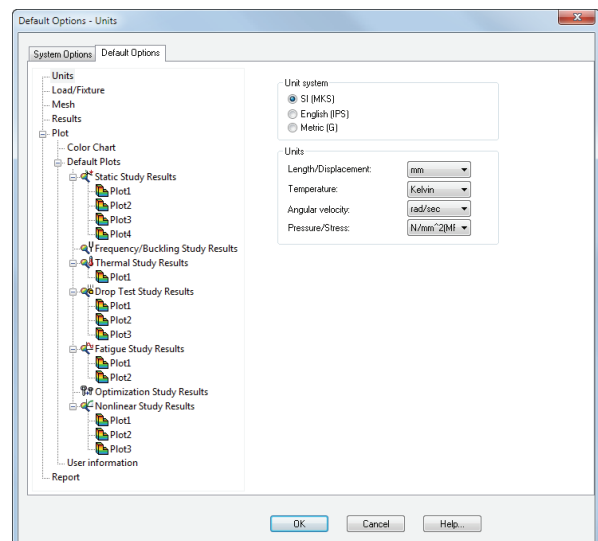
1 En la barra de menús de SolidWorks, haga clic en **Simulation, Options** (Opciones).

2 Haga clic en la pestaña **Default Options** (Opciones predeterminadas).

3 Seleccione **SI (MKS)** en **Unit system** (Sistema de unidades).

4 Seleccione **mm** y **N/mm² (MPa)** en los campos **Length/Displacement** (Longitud/Desplazamiento) y **Pressure/Stress** (Presión/Tensión), respectivamente.

5 Haga clic en **OK** (Aceptar).



Paso 1: Creación de un estudio

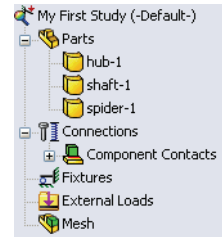
El primer paso para realizar un análisis consiste en crear un estudio.

- 1 Haga clic en **Simulation, Study (Estudio)** en el menú principal de SolidWorks en la parte superior de la pantalla.

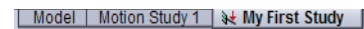
Aparece el PropertyManager **Study** (Estudio).

- 2 En **Name (Nombre)**, escriba My First Study (Mi primer estudio).
- 3 En **Type (Tipo)**, escriba **Static** (Estático).
- 4 Haga clic en **OK** (Aceptar).

SolidWorks Simulation crea un árbol de estudio de Simulation situado bajo el árbol de diseño de FeatureManager.



También se crea una pestaña en la parte inferior de la ventana para que navegue entre los distintos estudios y su modelo.



Paso 2: Asignación de materiales

Todos los componentes del ensamblaje están hechos de acero aleado.

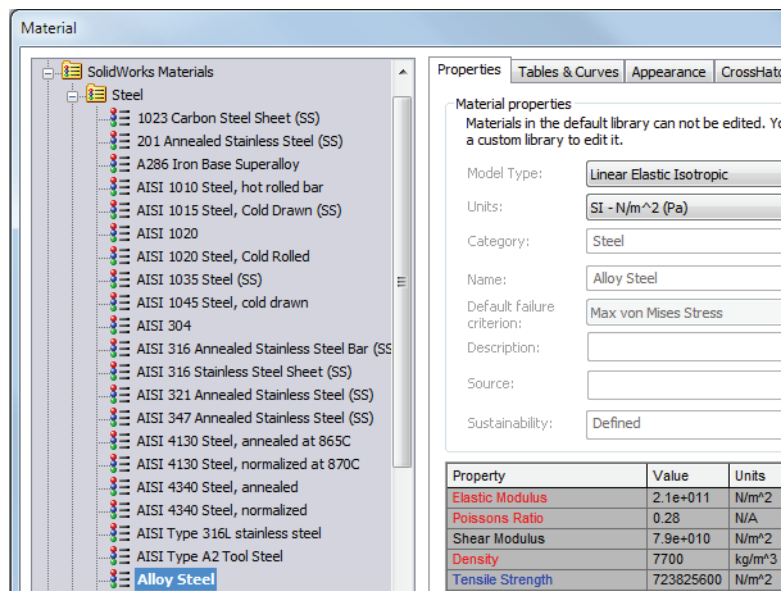
Asignación de acero aleado a todos los componentes.

- 1 En el árbol de SolidWorks Simulation Manager, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Parts (Piezas) y haga clic en **Apply Material to All (Aplicar el material a todo)**.

Aparece el cuadro de diálogo Material.

- 2 Haga lo siguiente:

- a) Expanda la carpeta de la biblioteca SolidWorks Materials (Materiales de Solidworks).
- b) Expanda la categoría Steel (Acero).
- c) Seleccione **Alloy Steel** (Acero aleado).



Nota: Las propiedades mecánicas y físicas del acero aleado aparecen en la tabla situada a la derecha.

- 3 Haga clic en **Apply (Aplicar)**.
- 4 Cierre la ventana **Materials (Materiales)**.

El acero aleado se asigna a todos los componentes y aparece una marca de verificación al lado del icono de cada componente. Observe que el nombre del material asignado aparece al lado del nombre del componente.



Paso 3: Aplicación de sujeciones

Repararemos los tres taladros.


- 1 Utilice las teclas de **flecha** para girar el ensamblaje como se muestra en la figura.
- 2 En el árbol de estudio de Simulation, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta **Fixtures (Sujeciones)** y haga clic en **Fixed Geometry (Geometría fija)**.

Aparece el PropertyManager **Fixture**.

- 3 Asegúrese de que el **Type (Tipo)** esté establecido en **Fixed Geometry (Geometría fija)**.
- 4 En la zona de gráficos, haga clic en las caras de los tres taladros, que se indican en la figura que se muestra a continuación.

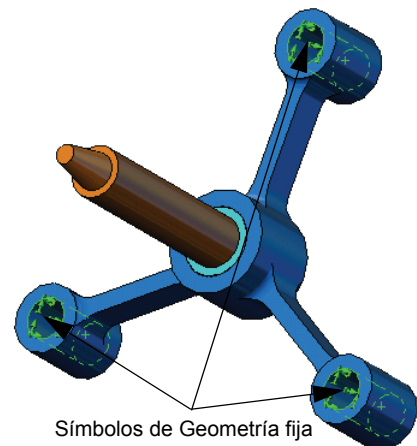


Aparecen **Face (Cara) <1>**, **Face (Cara) <2>** y **Face (Cara) <3>** en el cuadro **Faces, Edges, Vertices for Fixture (Caras, aristas o vértices para sujeción)**.

- 5 Haga clic en .


Se aplica la sujeción **Fixed (Fijo)** y sus símbolos aparecen en las caras seleccionadas.

Además, aparece un elemento **Fixed-1 (Fija 1)** en la carpeta **Fixtures (Sujeciones)** del árbol de estudio de Simulation. El nombre de la sujeción puede modificarse cuando lo desee.





Paso 4: Aplicación de cargas

Aplicaremos una fuerza normal de 2.250 N (505,82 lbf) a la cara que se muestra en la figura.

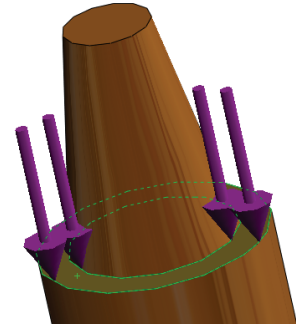
- 1 Haga clic en el icono **Zoom to Area (Zoom encuadre)**  en la parte superior de la zona de gráficos y amplíe la pieza achaflanada del eje.

- 2 En el árbol de SolidWorks Simulation Manager, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta **External Loads (Cargas externas)** y seleccione **Force (Fuerza)**.

Aparece el PropertyManager **Force/Torque (Fuerza/ Momento de torsión)**.

- 3 En la zona de gráficos, haga clic en la cara que se muestra en la figura.
Aparece **Face (Cara) <1>** en el cuadro de lista **Faces and Shell Edges for Normal Force (Caras y aristas de vaciado para fuerza normal)**.
- 4 Asegúrese de que esté seleccionada la opción **Normal** como la dirección.
- 5 Asegúrese de que la opción **Units (Unidades)** esté establecida en **SI**.
- 6 En el cuadro **Force Value (Valor de fuerza)** , escriba **2.250**.
- 7 Haga clic en .

SolidWorks Simulation aplica la fuerza a la cara seleccionada y aparece el elemento **Force-1 (Fuerza-1)** en la carpeta **External Loads (Cargas externas)**.



Para ocultar los símbolos de cargas y sujeciones

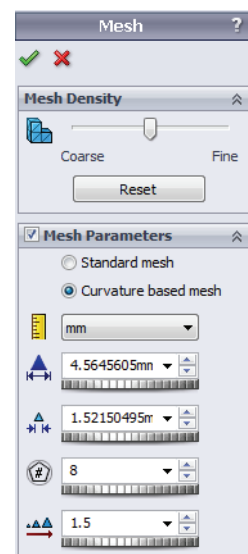
En el árbol SolidWorks Simulation Manager, haga clic con el botón derecho del ratón en **Fixtures (Sujeciones)** o en la carpeta **External Loads (Cargas externas)** y haga clic en **Hide All (Ocultar todo)**.

Paso 5: Mallado del ensamblaje

El mallado divide el modelo en piezas más pequeñas denominadas elementos. Según las cotas geométricas del modelo, SolidWorks Simulation sugiere un tamaño de elemento predeterminado (en este caso, 4,564 mm) que puede modificarse según sea necesario.





- 1 En el árbol de estudio de Simulation, haga clic con el botón derecho del ratón en el icono **Mesh (Malla)** y seleccione **Create Mesh (Crear malla)**.

Aparece el PropertyManager **Mesh (Malla)**.

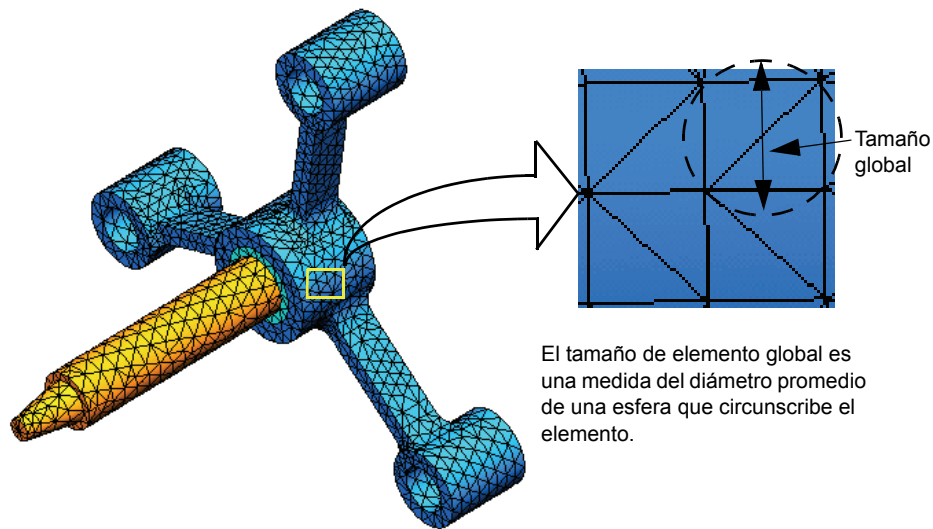


- 2 Expanda **Mesh Parameters (Parámetros de malla)** seleccionando la casilla de verificación.

Asegúrese de que la opción **Curvature based mesh (Malla basada en curvatura)** esté seleccionada.

Mantenga los valores predeterminados de **Maximum element size (Tamaño máximo de elemento)** , **Minimum element size (Tamaño mínimo de elemento)** , **Min number of elements in a circle (N.º mín. de elementos en un círculo)**  y **Element size growth ratio (Cociente de crecimiento del tamaño del elemento)**  sugeridos por el programa.

- 3 Haga clic en **OK (Aceptar)** para comenzar el mallado.




Paso 6: Ejecución del análisis


En el árbol de estudio de Simulation, haga clic con el botón derecho del ratón en el icono *My First Study* (Mi primer estudio) y haga clic en **Run (Ejecutar)** para iniciar el análisis.

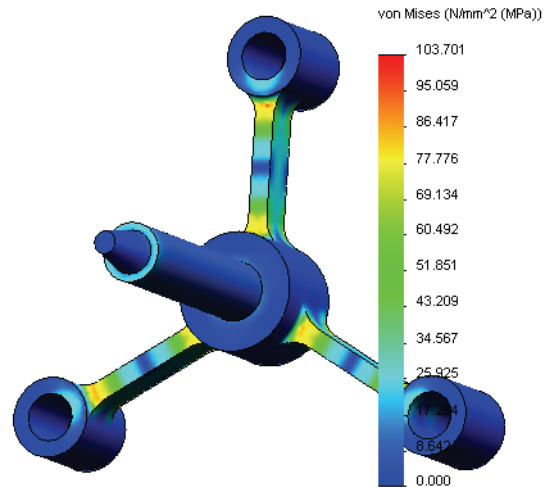
Cuando el análisis termina, SolidWorks Simulation crea automáticamente trazados de resultados predeterminados guardados en la carpeta *Results* (Resultados).

Paso 7: Visualización de los resultados


Tensión de von Mises

- 1 Haga clic en el signo “más”  situado junto a la carpeta Results (Resultados). Aparecen todos los iconos de los trazados predeterminados.

Nota: Si no aparece ningún trazado predeterminado, haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Results (Resultados) y seleccione **Define Stress Plot (Definir trazado de tensiones)**. Establezca las opciones en el PropertyManager y haga clic en .





- 2 Haga doble clic en Stress1 (-vonMises-) (Tensión 1) para mostrar el trazado de tensiones.


Nota: Para mostrar la anotación que indica los valores mínimos y máximos en el trazado, haga doble clic en la leyenda y seleccione las casillas de verificación **Show min annotation (Mostrar una anotación mínima)** y **Show max annotation (Mostrar una anotación máxima)**. Luego, haga clic en .

Animación del trazado


- 1 Haga clic con el botón derecho del ratón en Stress1 (-vonMises-) (Tensión 1) y haga clic en **Animate (Animar)**. Aparece el PropertyManager **Animation (Animación)** y la animación se inicia automáticamente.

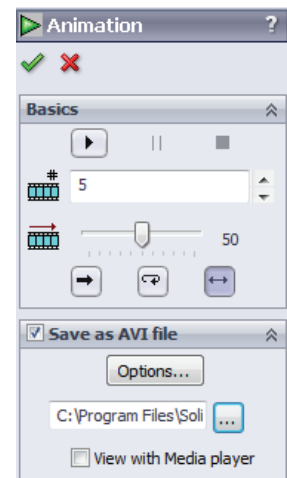
- 2 Detenga la simulación haciendo clic en el botón **Stop (Detener)** . La animación se debe detener para guardar el archivo .avi en el disco.

- 3 Seleccione **Save as AVI File (Guardar como archivo AVI)**, haga clic en  para examinar y seleccione la carpeta de destino en la que se guardará el archivo .avi.

- 4 Haga clic en  para **Play (Reproducir)** la animación. La animación se reproduce en el área de gráficos.

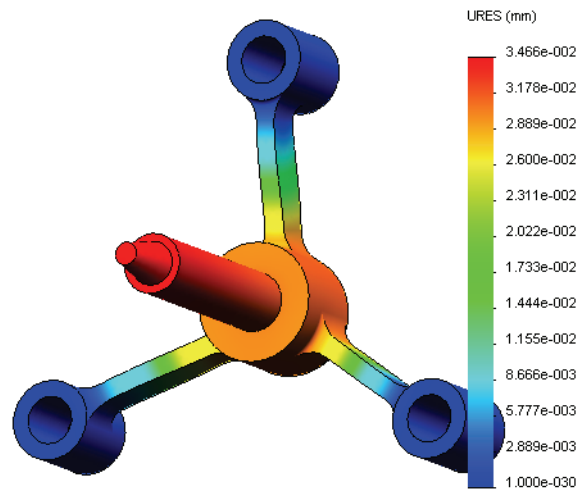
- 5 Haga clic en  para **Stop (Detener)** la animación.

- 6 Haga clic en  para cerrar el PropertyManager **Animation (Animación)**.



Visualización de los desplazamientos resultantes

- 1 Haga doble clic en Displacement1 (--Res disp-) (Desplazamiento 1) para mostrar el trazado de desplazamientos resultante.




¿Es seguro el diseño?

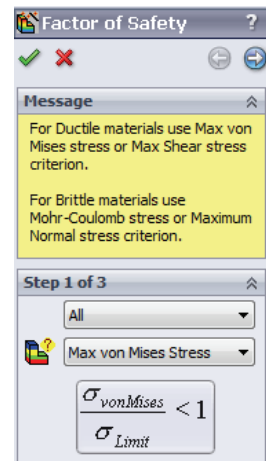
El **Factor of Safety wizard (Asistente para Factor de seguridad)** puede ayudarle a responder a esta pregunta. Utilizaremos el asistente para calcular el factor de seguridad en todos los puntos del modelo. En el proceso, necesitará seleccionar un criterio de fallos del límite elástico.

- 1 Haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta Results (Resultados) y seleccione **Define Factor of Safety Plot (Definir factor de trazado de seguridad)**.

Aparece el **PropertyManager Factor of Safety wizard (Asistente para Factor de seguridad) Step 1 of 3 (Paso 3 de 3)**.

- 2 En **Criterion (Criterio)** , haga clic en **Max von Mises stress (Tensión de von Mises máx)**.

Nota: Hay varios criterios de límite elástico disponibles. El criterio von Mises suele usarse para comprobar fallos de límite elástico de materiales dúctiles.



- 3 Haga clic en  **Next (Siguiente)**.

Aparece el **PropertyManager** Factor of Safety wizard (Asistente para Factor de seguridad) **Step 2 of 3 (Paso 3 de 3)**.

- 4 Establezca **Units (Unidades)**  en **N/mm² (MPa)**.


- 5 En **Set stress limit to (Establecer límite de tensión)**, seleccione **Yield strength (Límite elástico)**.

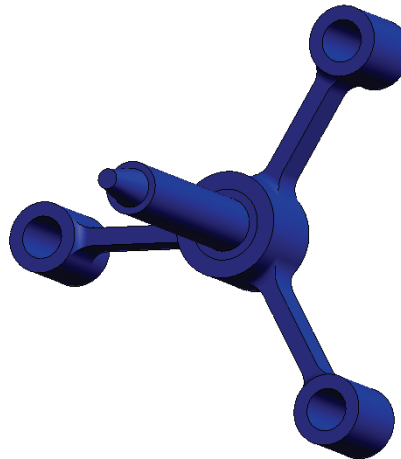
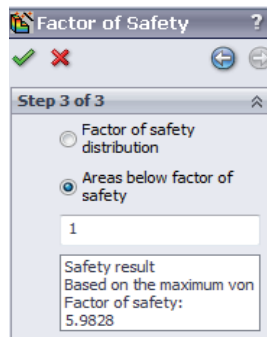
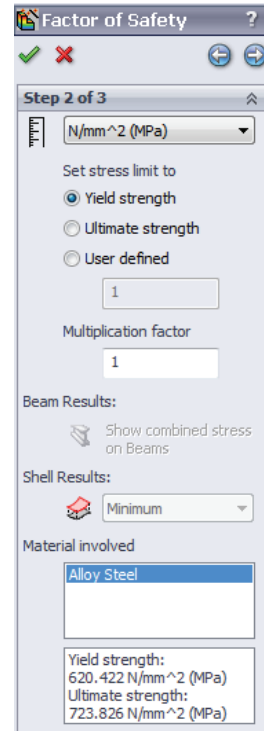
Nota: Cuando el material cede, sigue deformándose en forma plástica a mayor velocidad. En un caso extremo, puede continuar deformándose aunque no se aumente la carga.

- 6 Haga clic en  **Next (Siguiente)**.

Aparece el **PropertyManager** Factor of Safety wizard (Asistente para Factor de seguridad) **Step 3 of 3 (Paso 3 de 3)**.

- 7 Seleccione **Areas below factor of safety (Áreas por debajo del factor de seguridad)** e introduzca **1**.

- 8 Haga clic en  para generar el trazado.



Inspeccione el modelo y busque las áreas no seguras que se muestran en rojo. Puede observarse que el trazado no tiene ninguna parte en color rojo, lo que indica que todas las ubicaciones son seguras.

¿Cuán seguro es el diseño?

- 1 Haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta **Results** (Resultados) y seleccione **Define Factor of Safety Plot (Definir factor de trazado de seguridad)**.

Aparece el PropertyManager **Factor of Safety** wizard (Asistente para Factor de seguridad) **Step 1 of 3 (Paso 1 de 3)**.

- 2 En la lista **Criterion (Criterio)**, seleccione **Max von Mises stress (Tensión de von Mises máx)**.


- 3 Haga clic en **Next (Siguiente)**.

Aparece el PropertyManager **Factor of Safety** wizard (Asistente para Factor de seguridad) **Step 2 of 3 (Paso 1 de 3)**.

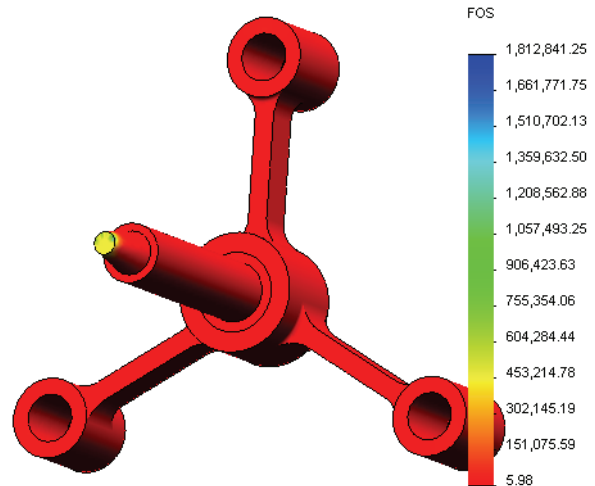
- 4 Haga clic en **Next (Siguiente)**.

Aparece el PropertyManager **Factor of Safety** wizard (Asistente para Factor de seguridad) **Step 3 of 3 (Paso 1 de 3)**.

- 5 En **Plot results (Trazado de resultados)**, haga clic en **Factor of safety distribution (Distribución del factor de seguridad)**.

- 6 Haga clic en .

El trazado generado muestra la distribución del factor de seguridad. El factor más pequeño de seguridad es aproximadamente de 5,98.

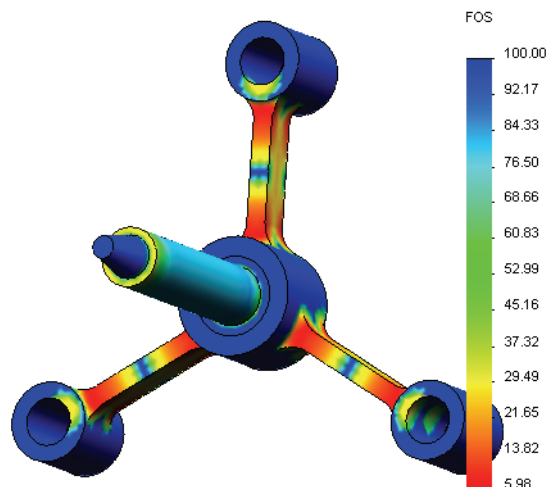


Nota: Un factor de seguridad de 1,0 en una ubicación significa que el material está alcanzando el límite elástico. Por ejemplo, un factor de seguridad de 2,0 significa que el diseño es seguro en esa ubicación y que el material alcanzará el límite elástico si dobla las cargas.

Puesto que algunas regiones del modelo experimentan muy poca tensión, el valor máximo del factor de seguridad es muy alto (por encima de 1.800.000). Para que el trazado sea más significativo, cambiaremos el valor máximo de la leyenda a 100.

- 7 Haga doble clic en la leyenda, haga clic en **Defined (Definido)** y escriba **100** en el campo **Max (Máx.)**.

- 8 Haga clic en  para mostrar el trazado modificado.



Guardado de todos los trazados generados

- 1 Haga clic con el botón derecho del ratón en el icono My First Study (Mi primer estudio) y haga clic en **Save all plots as JPEG files (Guardar todos los trazados como imágenes .jpeg)**.

Aparece la ventana **Browse for Folder (Buscar carpeta)**.

- 2 Vaya al directorio donde desee guardar todos los trazados de resultados.
- 3 Haga clic en **OK (Aceptar)**.

Generación de un informe del estudio

La utilidad **Report (Informe)** le ayuda a documentar su trabajo rápida y sistemáticamente para cada estudio. El programa genera informes estructurados preparados como documentos de Word que describen todos los aspectos relacionados con el estudio.

- 1 Haga clic en **Simulation (Simulación), Report (Informe)** en el menú principal de SolidWorks en la parte superior de la pantalla.

Aparece el cuadro de diálogo **Report Options (Opciones de informe)**.

La sección **Report sections (Secciones de informe)** le permite elegir secciones que se incluirán en el informe generado. Utilice casillas de verificación al lado de cada sección para incluirla o excluirla del informe.

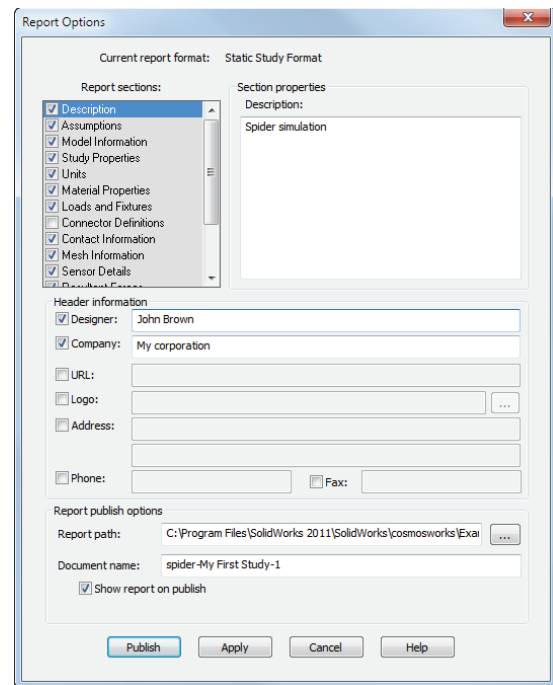
- 2 Es posible personalizar cada sección del informe. Por ejemplo, seleccione la sección **Description (Descripción)** en **Report sections (Secciones de informe)** y escriba el texto que desee en el campo **Section properties (Propiedades de sección)**.

El resto de las secciones se personalizarán de la misma manera.

- 3 Los nombres correspondientes a los campos **Designer (Diseñador)**, **Company (Empresa)** y **Logo (Logotipo)**, así como cualquier otra información de propiedad se introducen en la sección **Header information (Información de encabezado)**.


Tenga en cuenta que los formatos aceptables para los archivos de logotipo son **archivos JPEG (*.jpg)**, **archivos GIF (*.gif)**, o **archivos de mapa de bits (*.bmp)**.

- 4 En **Report publishing options (Opciones de publicación de informe)**, especifique en **Report path** la ruta de acceso al informe donde el documento de Word se guardará y seleccione la casilla de verificación **Show report on publish (Mostrar informe al publicar)**.




5 Haga clic en Publish (Publicar).

El informe se abre en su documento de Word. Para completar el informe, edite el documento de Word según sea necesario.

Además, el programa crea un icono  en la carpeta Report (Informe) del árbol de SolidWorks Simulation Manager.

Para modificar cualquier sesión del informe, haga clic con el botón derecho del ratón en el icono del informe y haga clic en **Edit Definition (Editar definición)**. Modifique la sección y haga clic en **OK (Aceptar)** para reemplazar el informe existente.

Paso 8: Guardado del trabajo y salida de SolidWorks

- 1 Haga clic en  en la barra de herramientas **Standard (Estándar)** o haga clic en **File, Save (Archivo, Guardar)**.
- 2 Haga clic en **File, Exit (Archivo, Salir)** en el menú principal.



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

Anexo 4

Planos

ANEXO 4

PLANOS

En este Anexo se plasmarán los planos de cada uno de los elementos auxiliares diseñados, con el fin de facilitar el proceso de fabricación, sirviendo de apoyo a los croquis e imágenes presentes a lo largo del proyecto.

Estos planos presentarán todas las vistas necesarias, junto con la totalidad de las cotas, definiendo por completo las piezas.

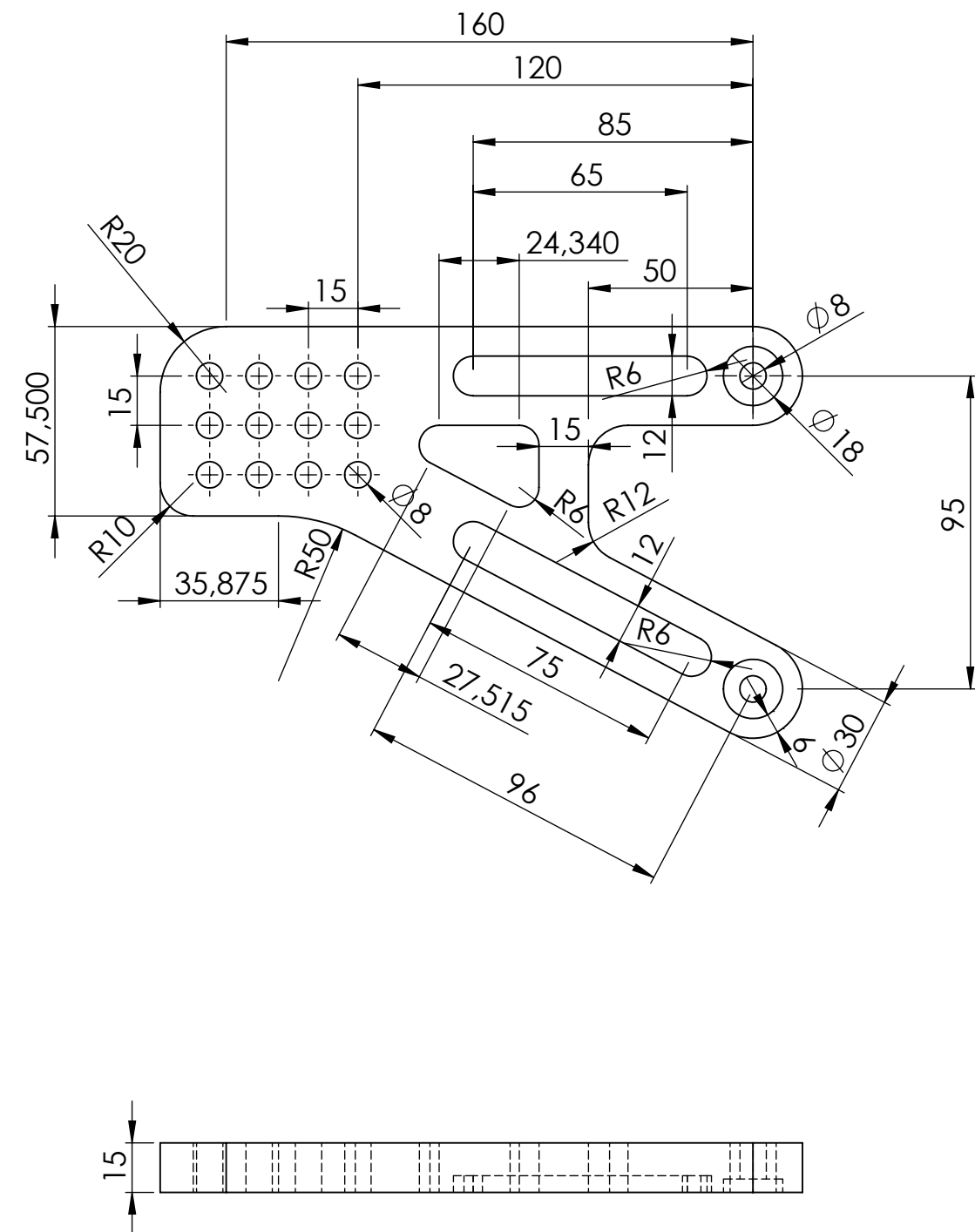
A continuación, se procederá a enumerar uno a uno todos los elementos auxiliares, junto con los componentes que lo forman, mostrando los planos de cada uno de ellos.

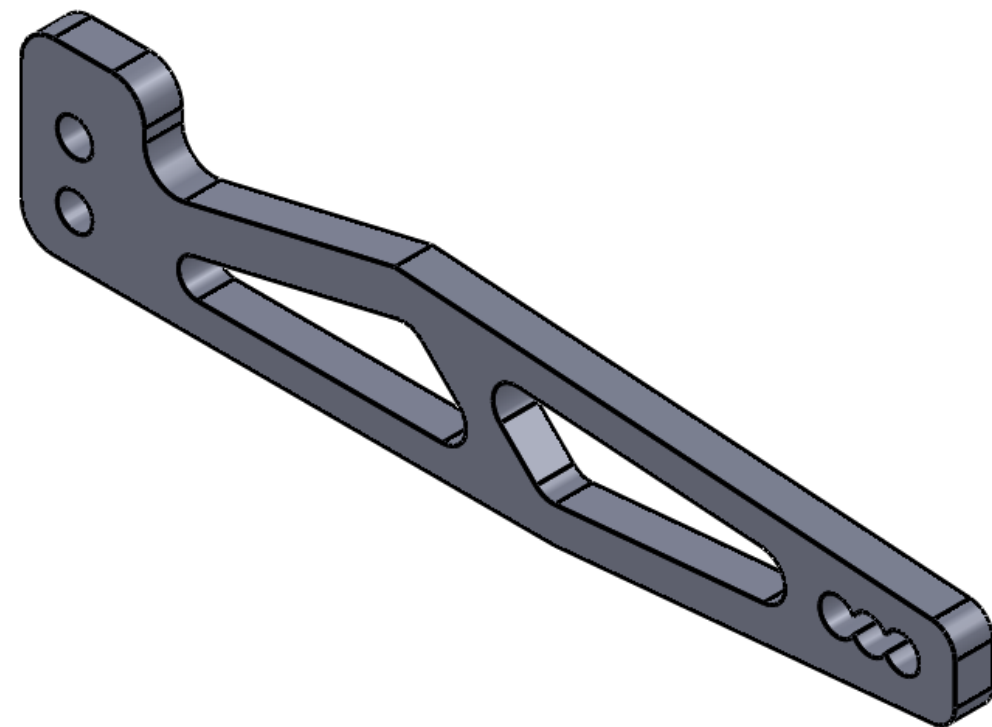
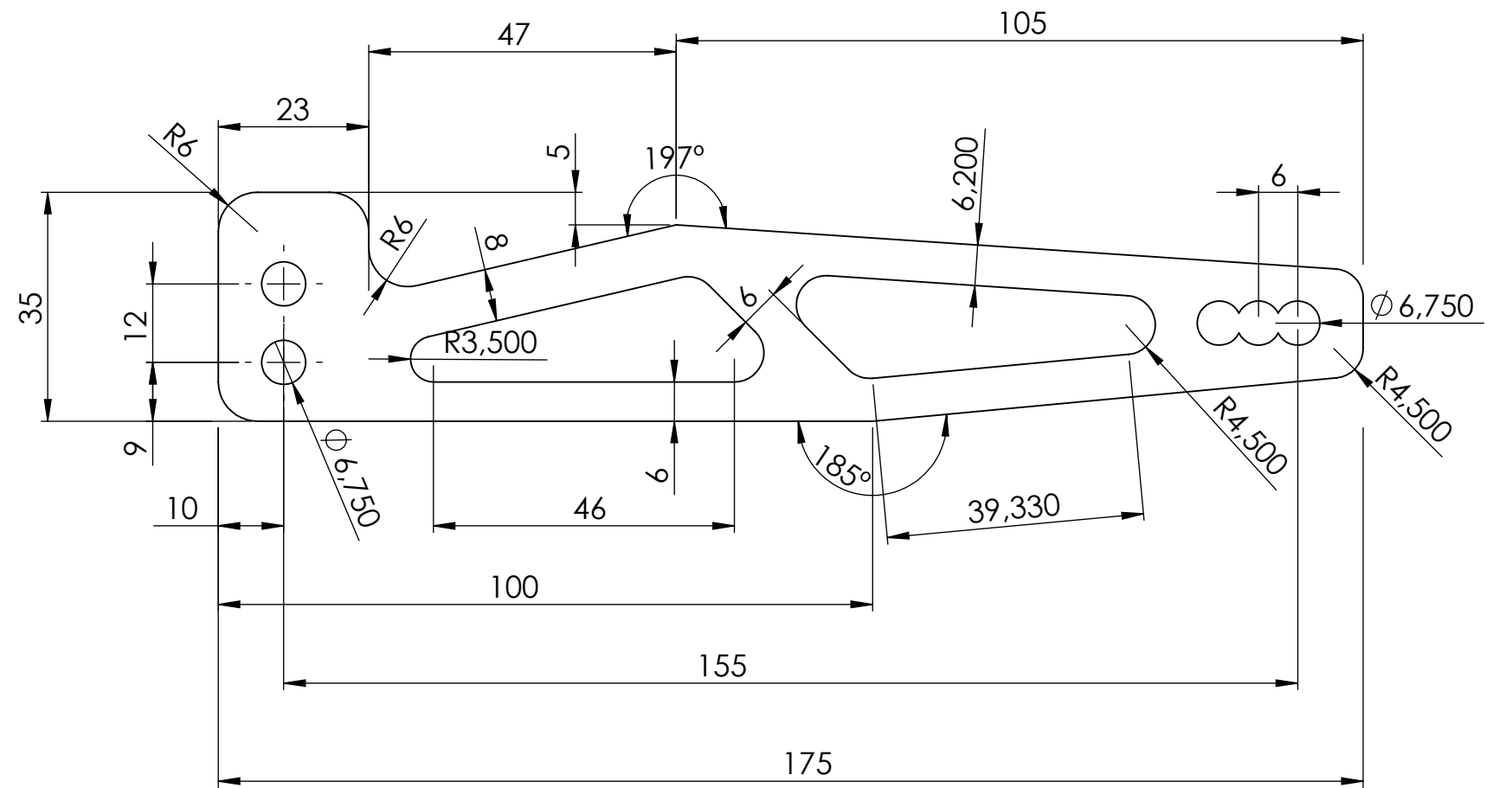
Estarán recogidos los planos de: estriberas, tijas, semimanillares, soporte para pinza de freno delantera y soporte para pinza de freno trasera.

El orden en el que se presentarán dichos planos será el siguiente:

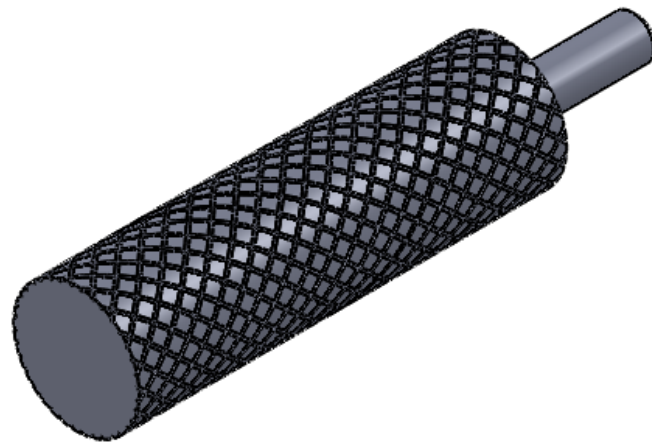
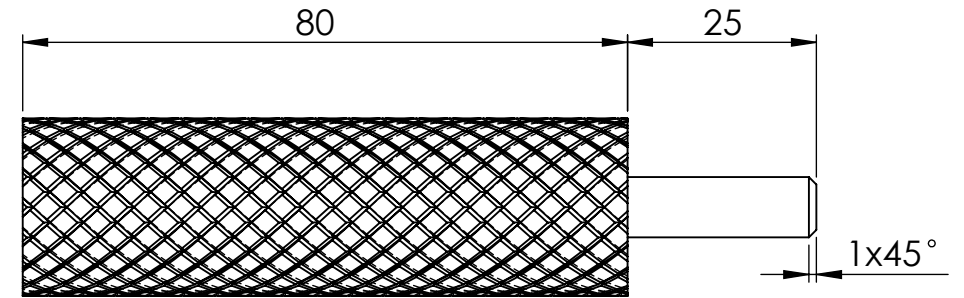
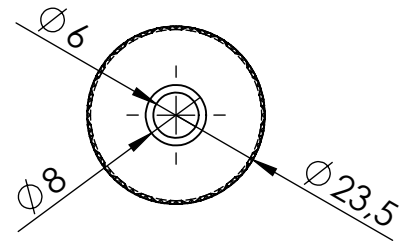
- I. Estribera derecha.
- II. Estribera izquierda.
- III. Tijas.
- IV. Semimanillares.
- V. Soporte de la pinza de freno delantera.
- VI. Soporte de la pinza de freno trasera.

A su vez, cada uno de estos apartados contará con diferentes subapartados que recogerán elementos que constituyen el componente.

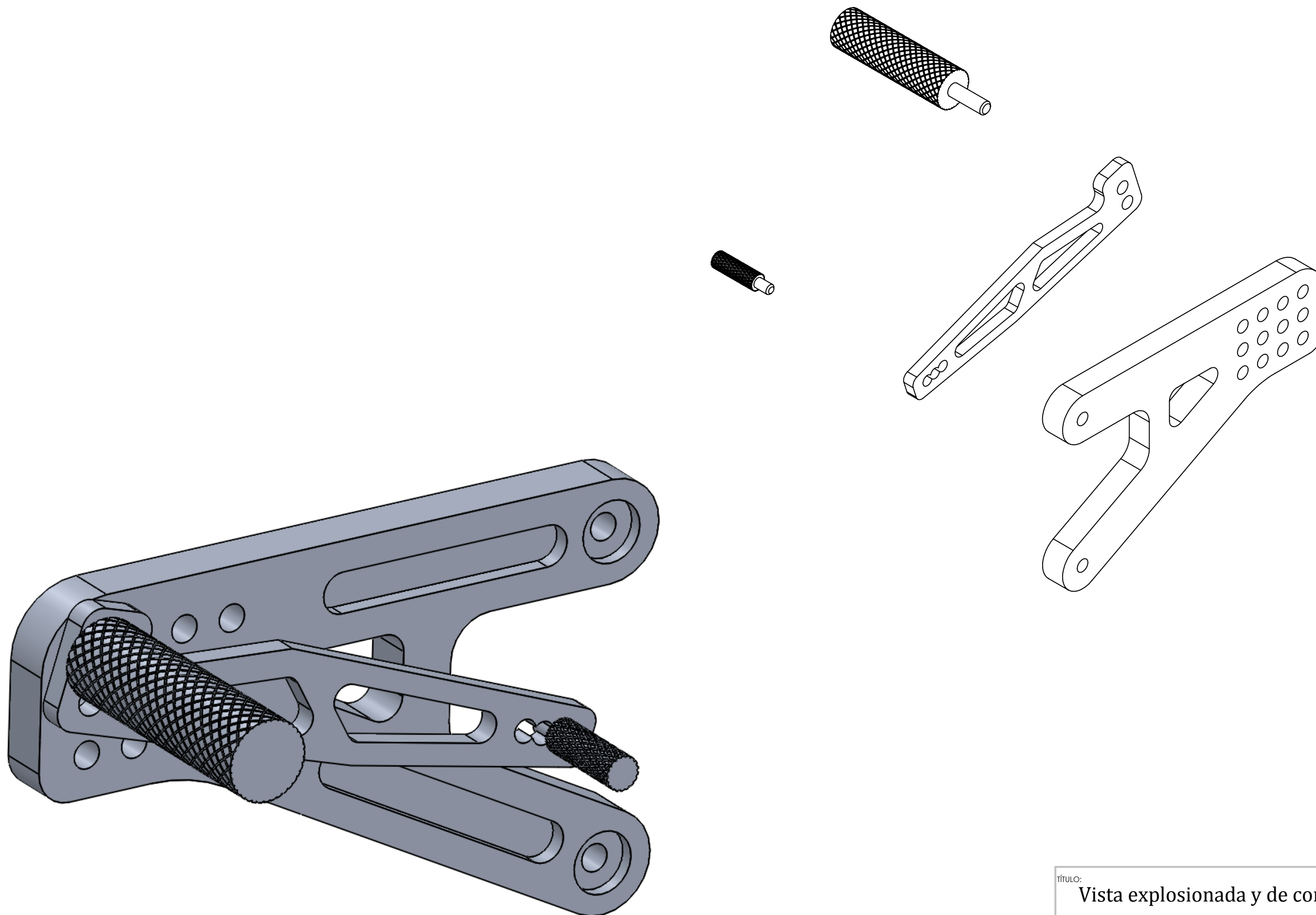




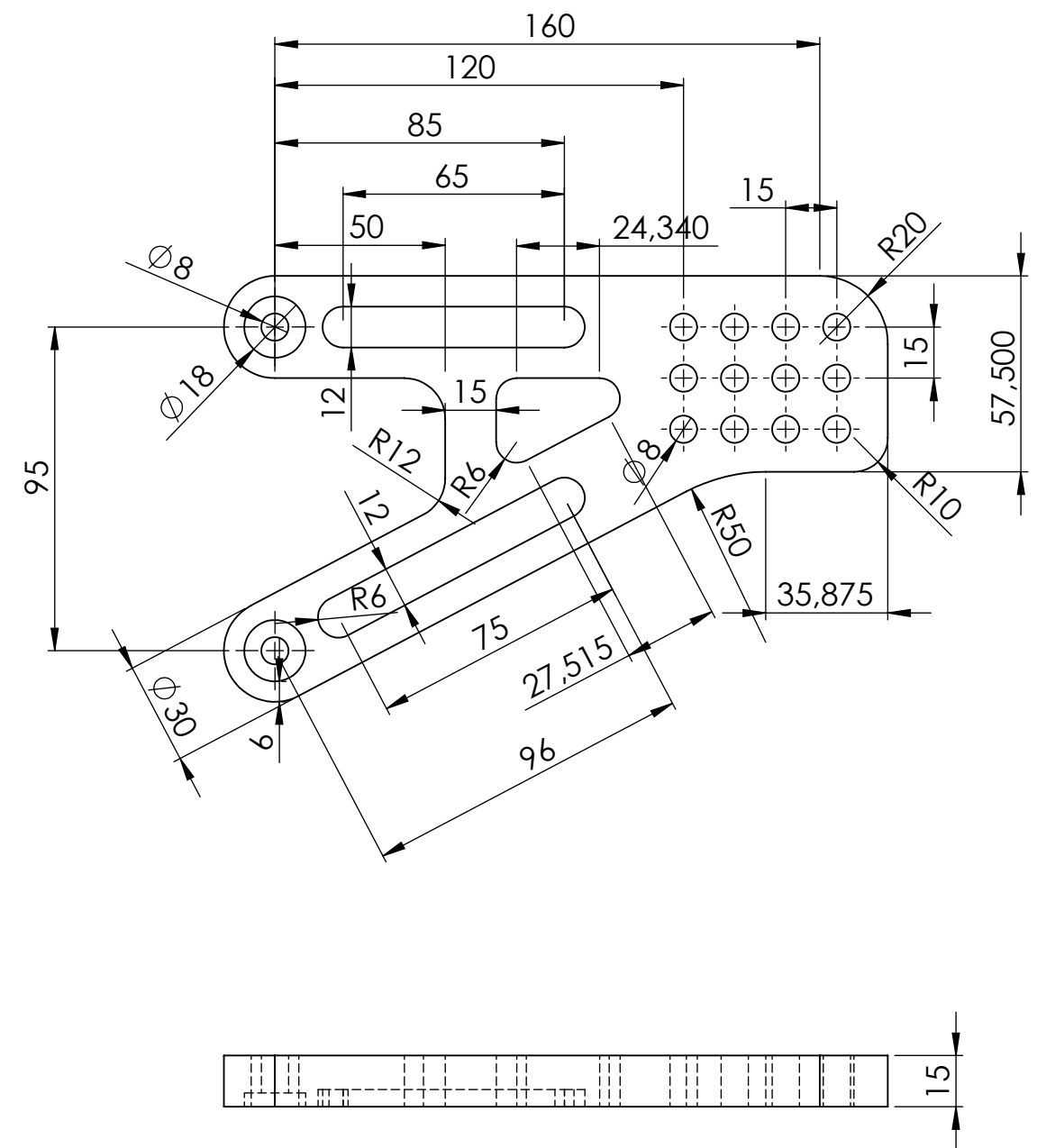
TÍTULO: Palanca estribera derecha		
GRUPO: Estribera derecha		A3
ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1	



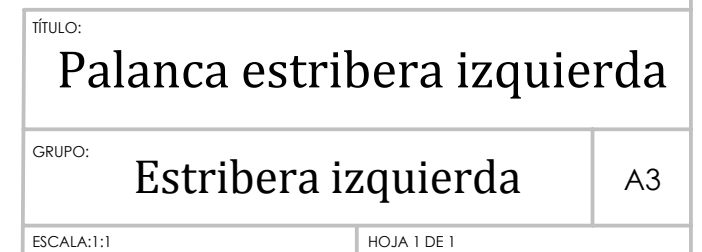
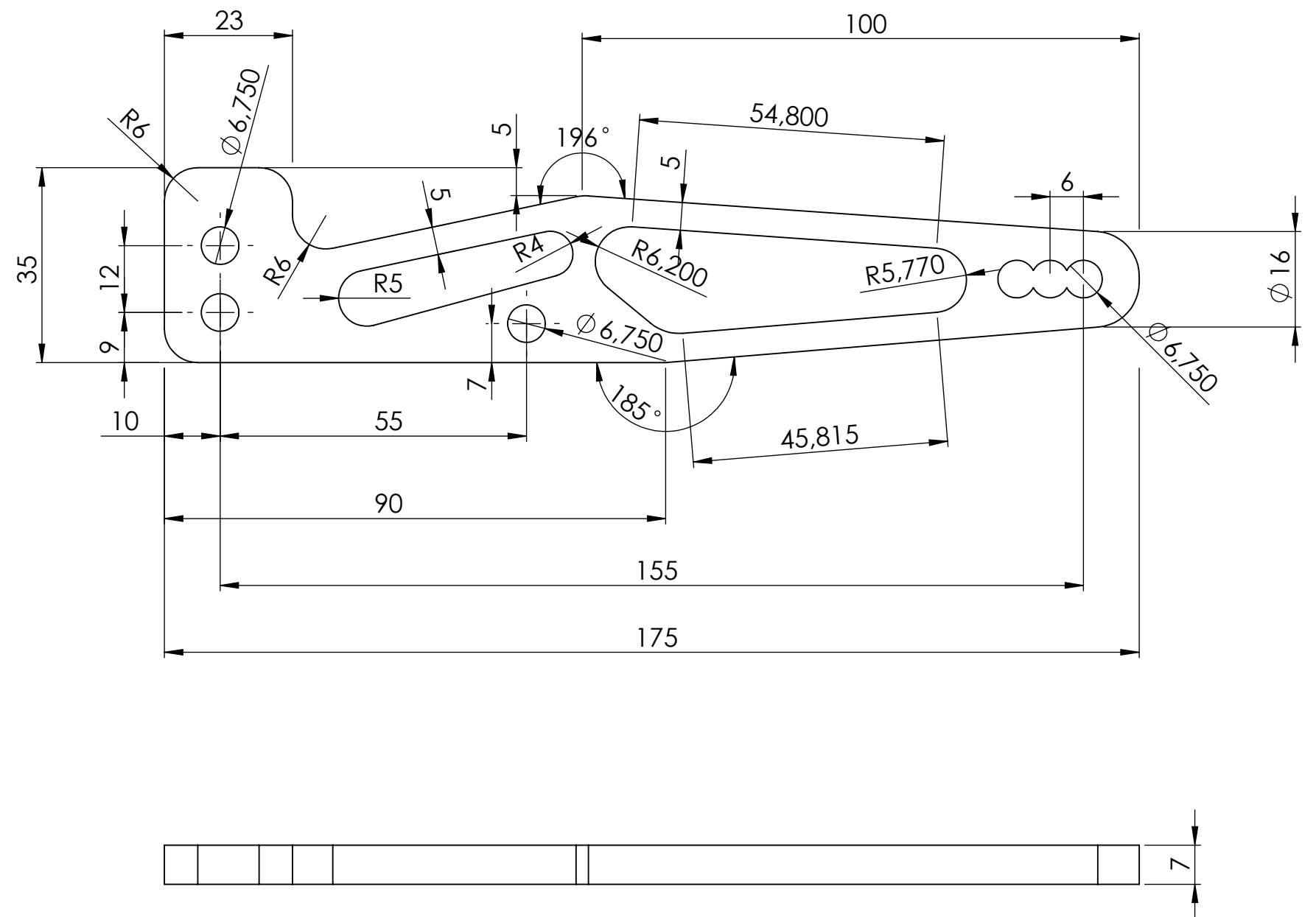
TÍTULO: Reposapié estribera derecha		
GRUPO: Estribera derecha		A3
ESCALA: 1:1		HOJA 1 DE 1

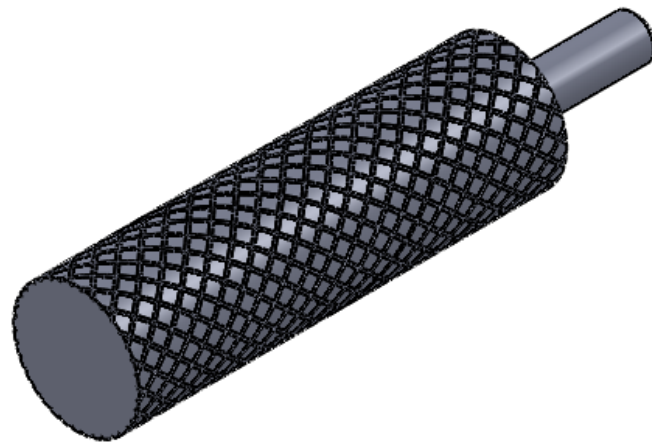
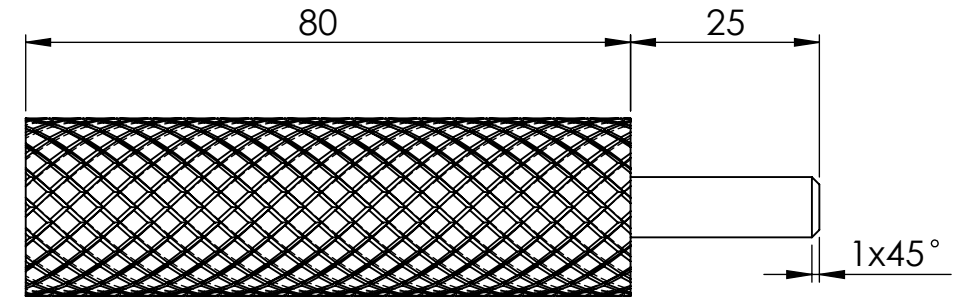
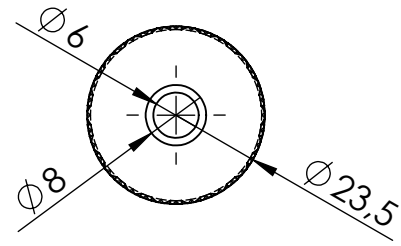


TÍTULO: Vista explosionada y de conjunto		
GRUPO: Estribera derecha		A3
ESCALA 1:1 - 1:2		HOJA 1 DE 1

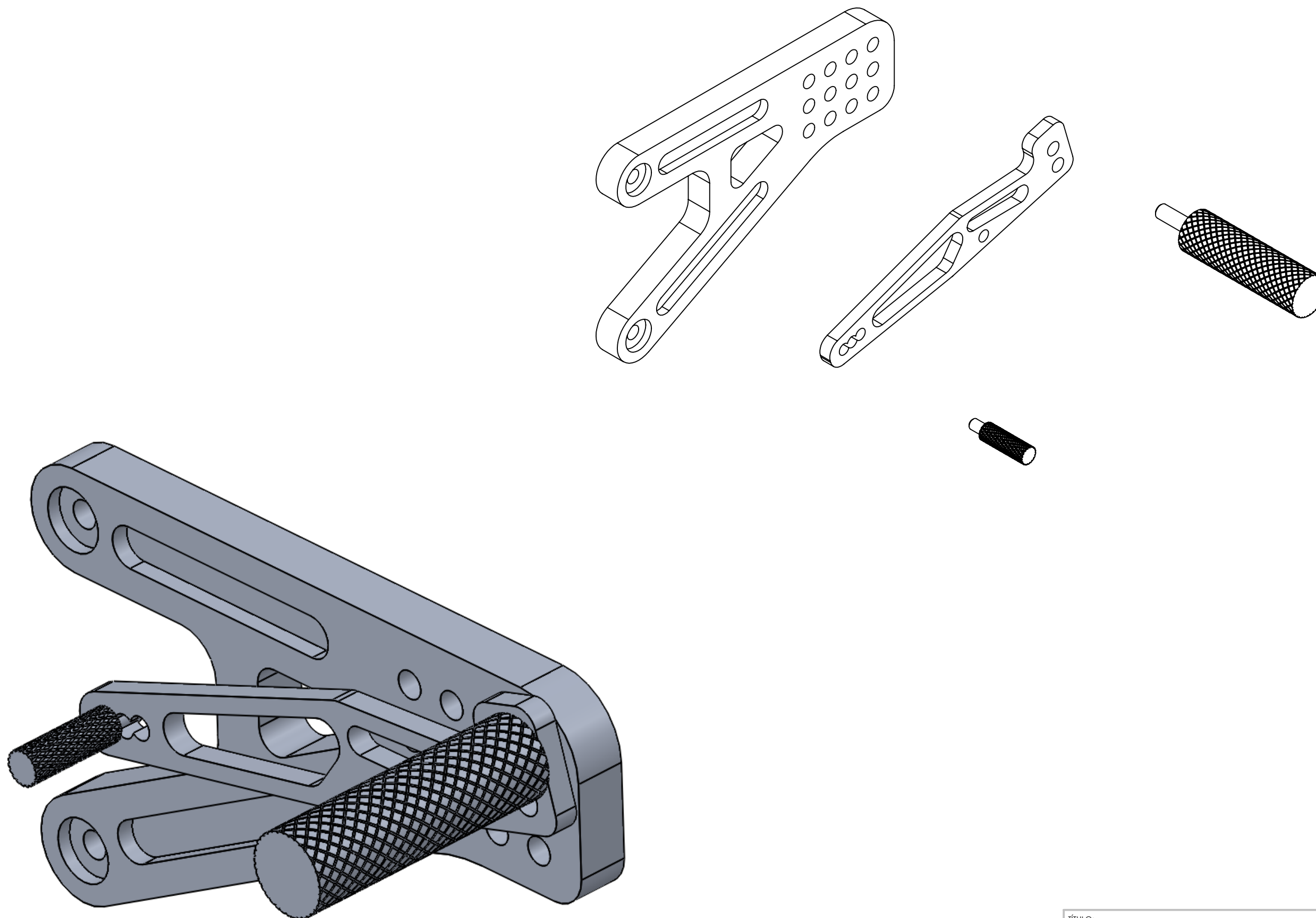


ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1
------------	-------------

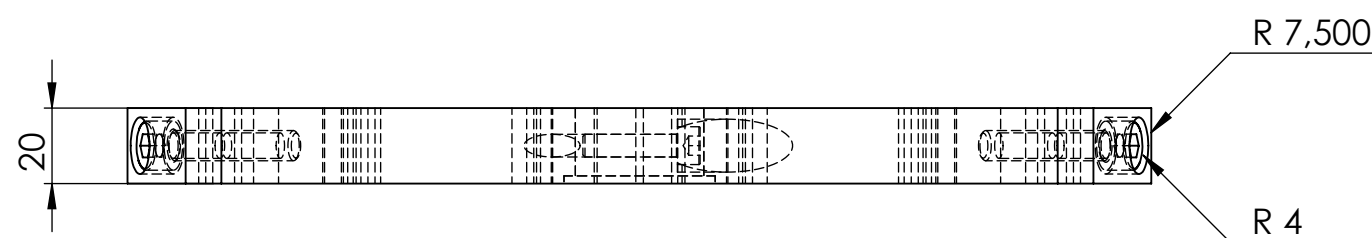
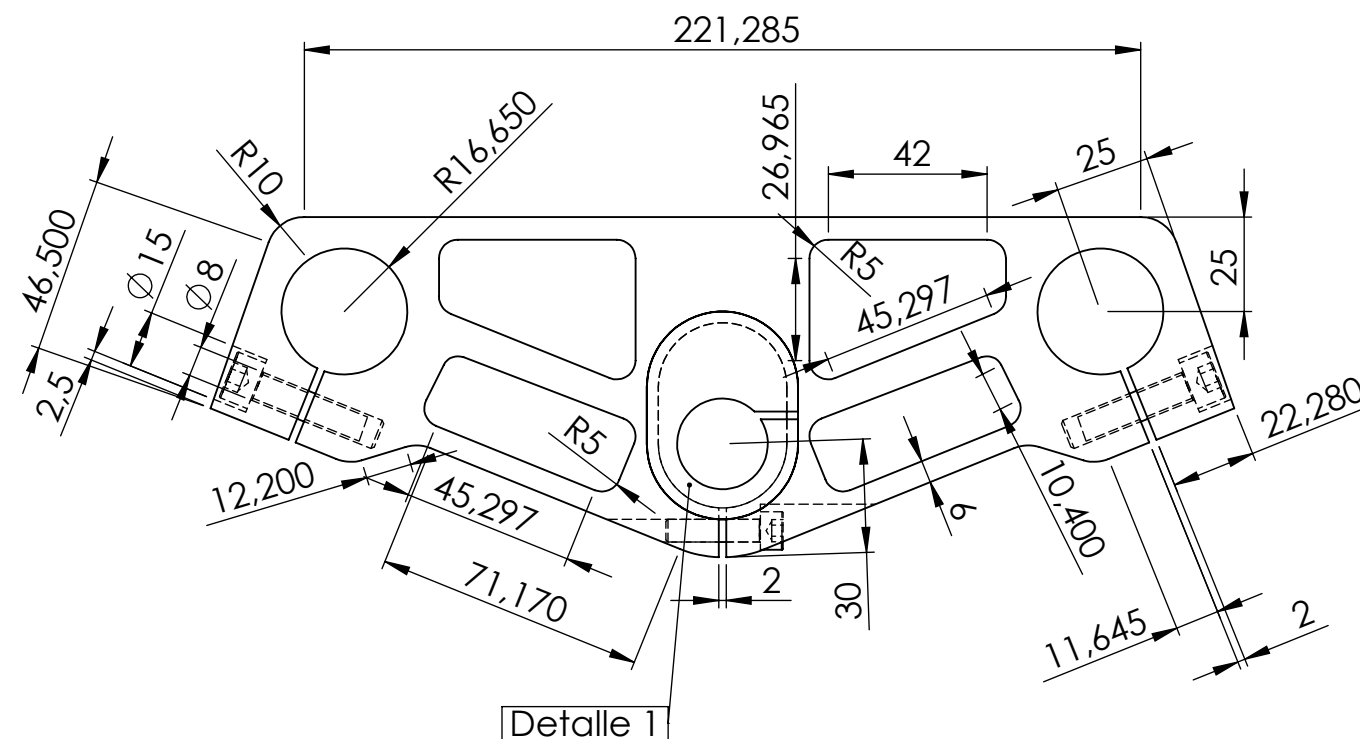
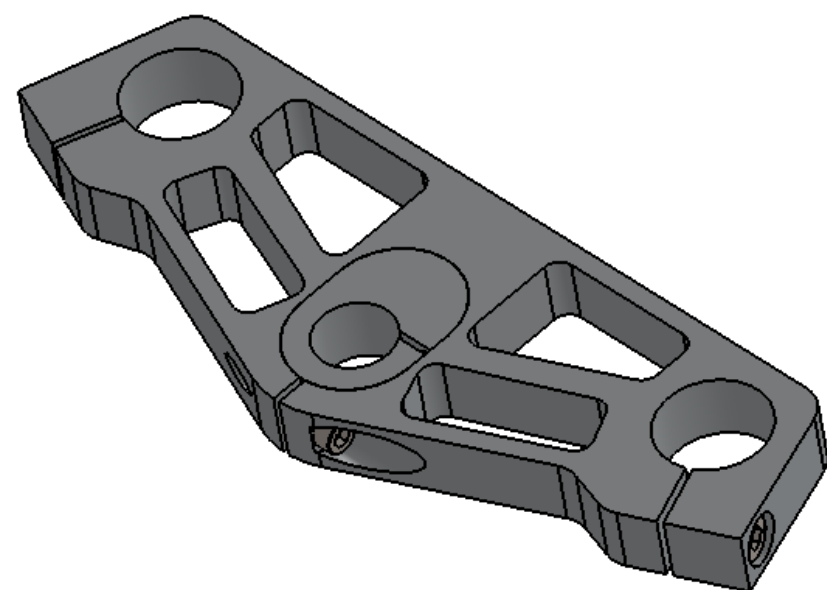




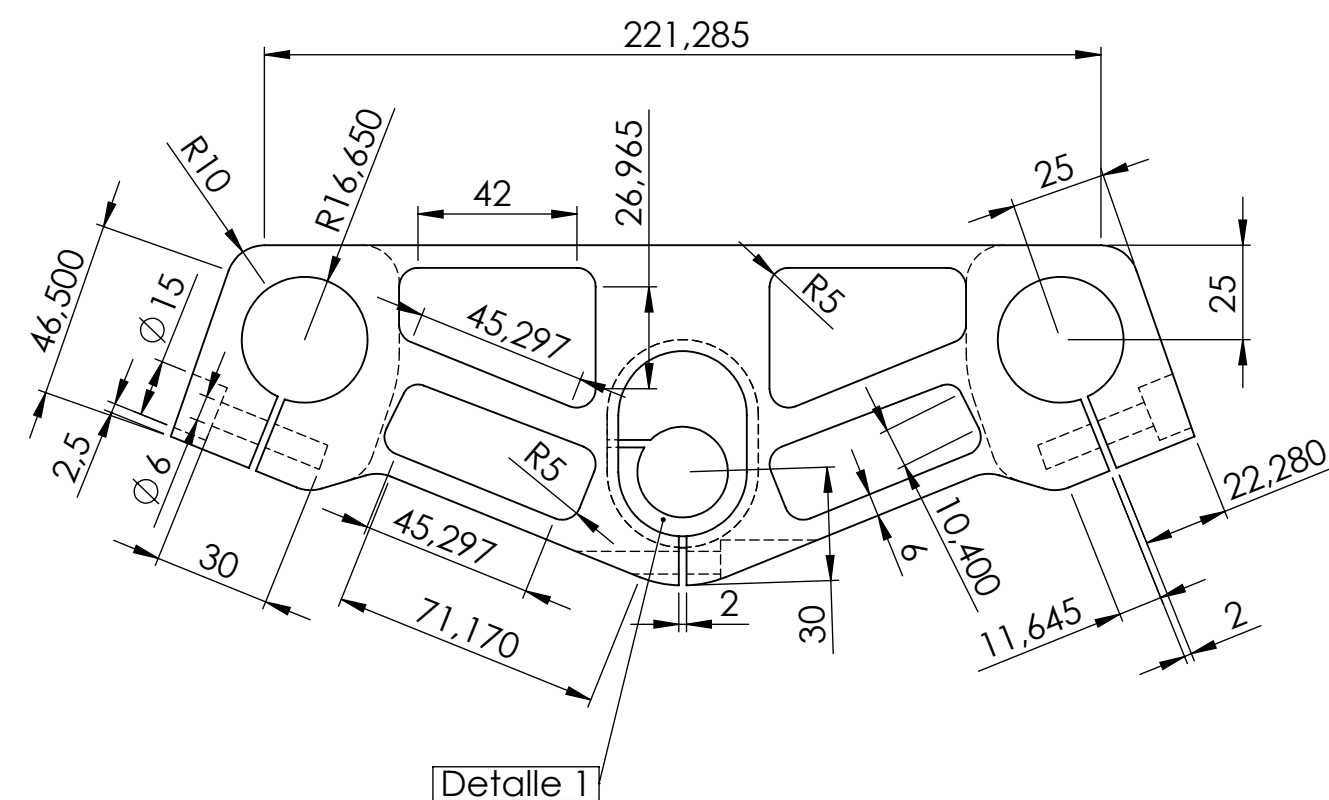
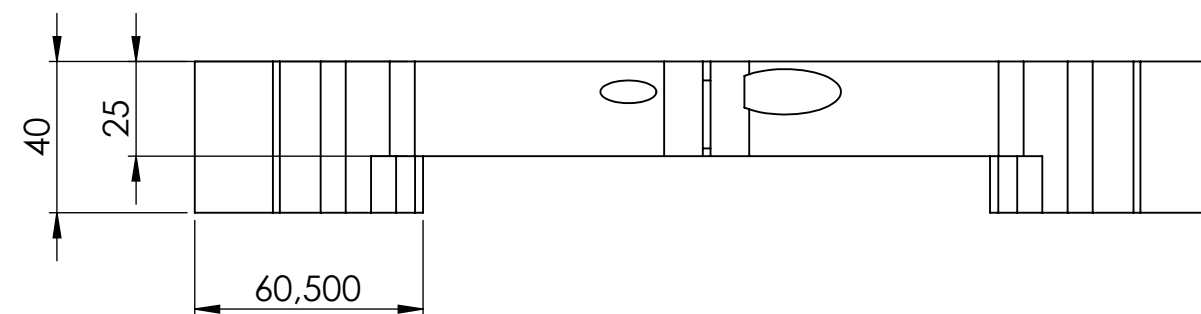
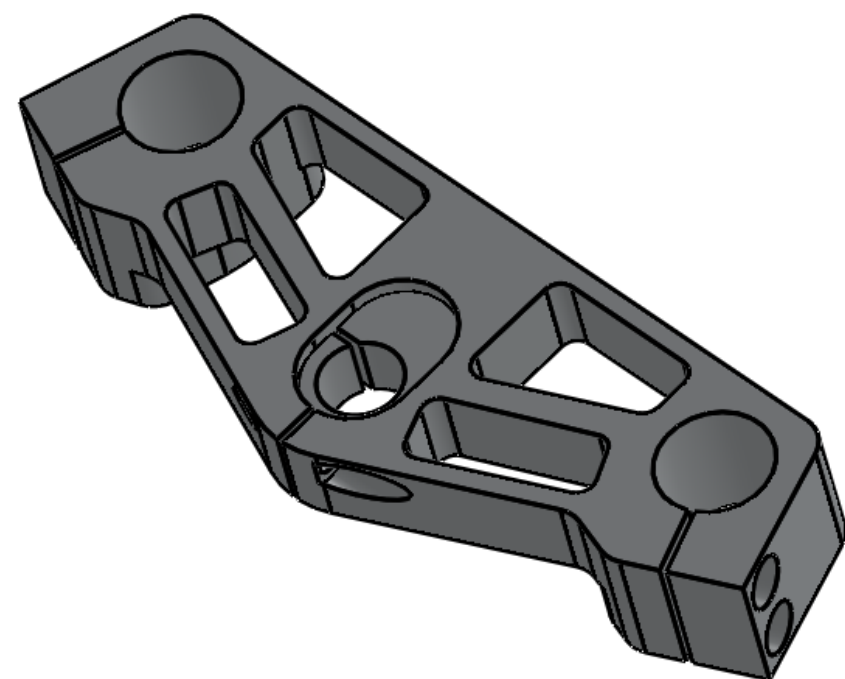
TÍTULO:		
Reposapié estribera izquierda		
GRUPO:		A3
Estribera izquierda		
ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1	



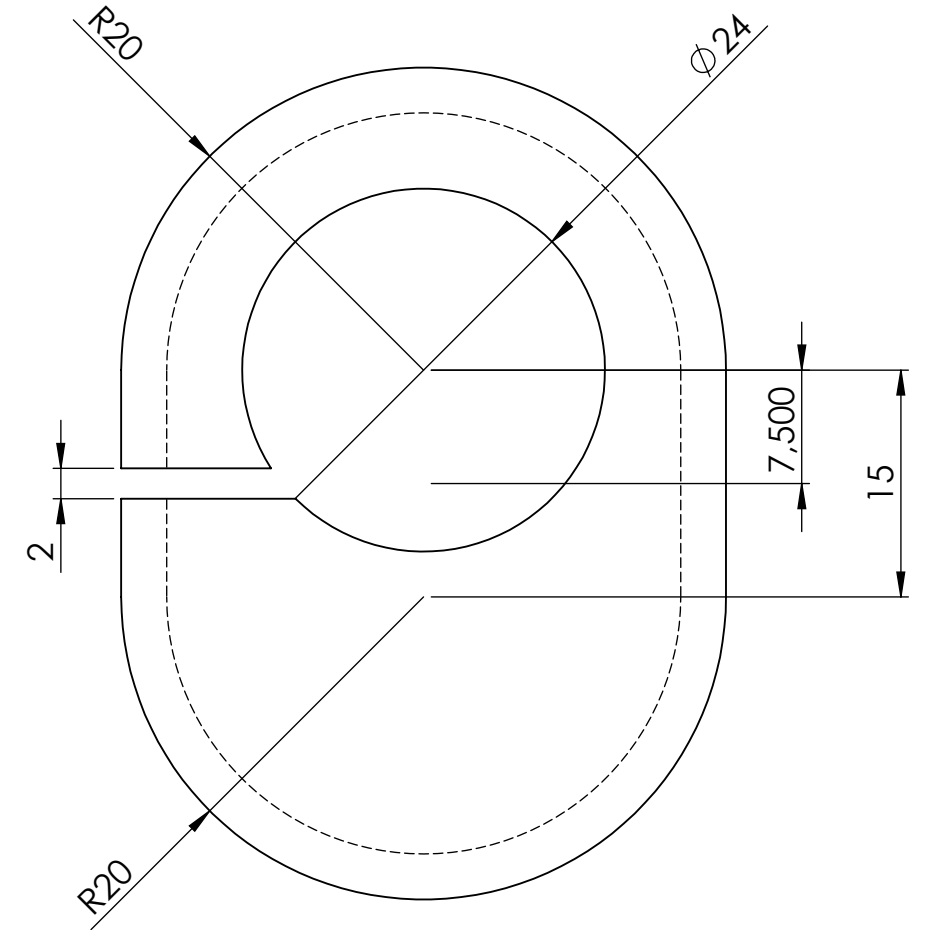
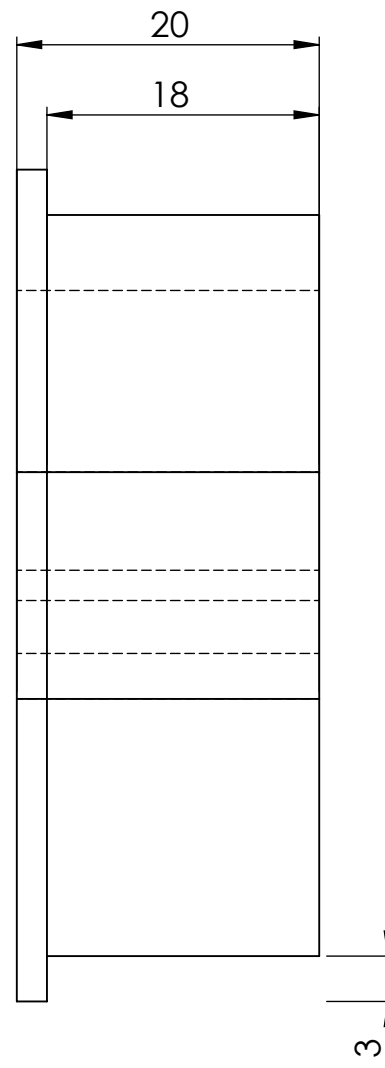
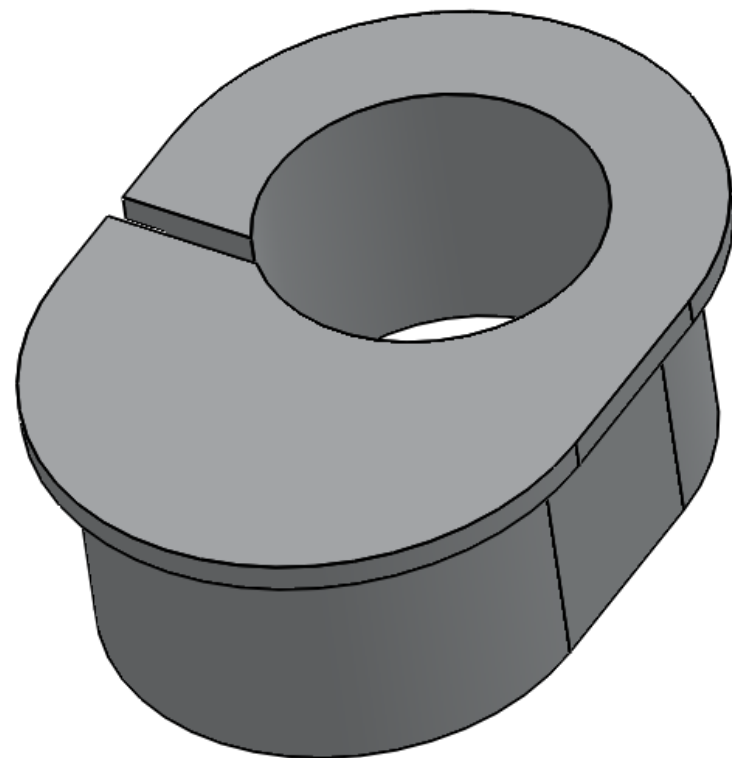
TÍTULO: Vista explosionada y de conjunto		
GRUPO: Estribera izquierda		A3
ESCALA 1:1 - 1:2		HOJA 1 DE 1



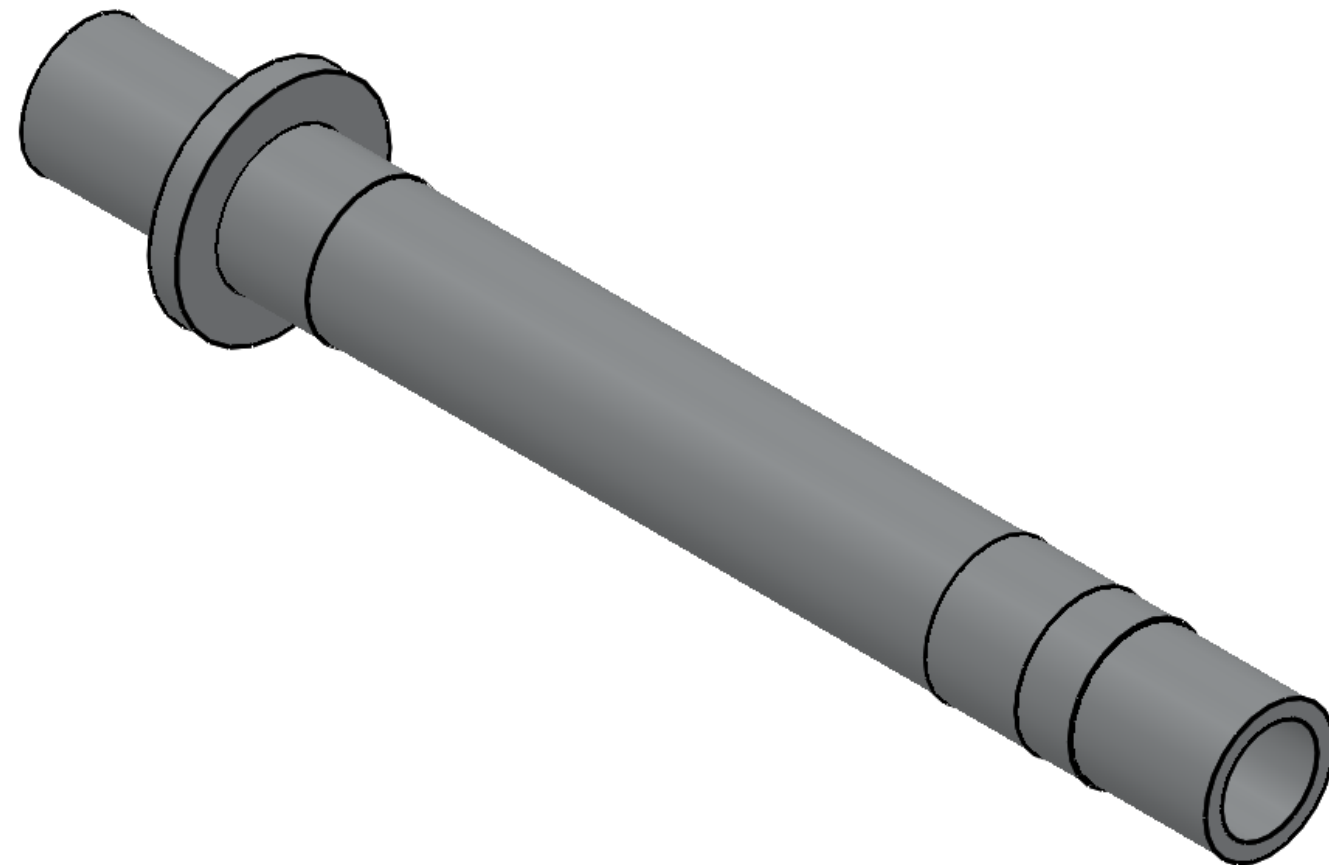
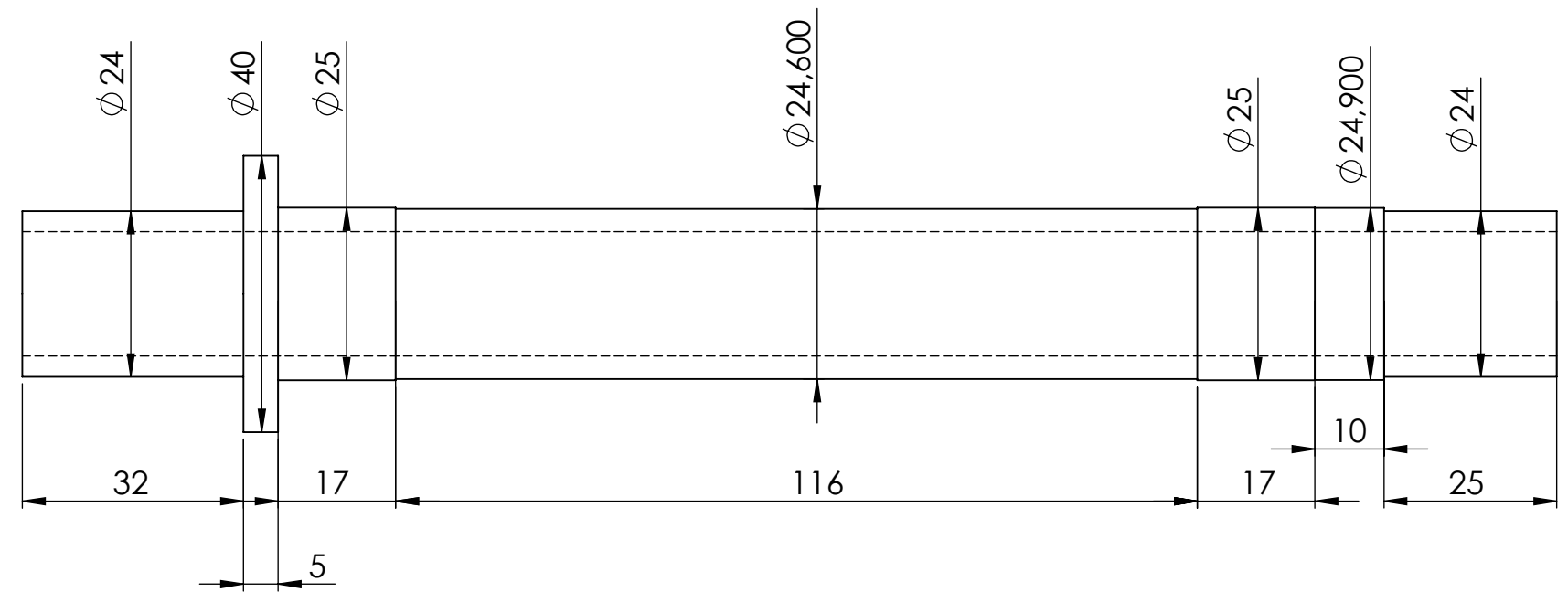
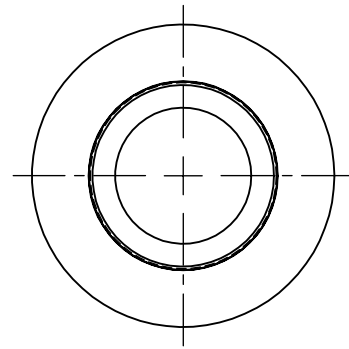
TÍTULO: Tija superior		
GRUPO: Tija		A3
ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1	



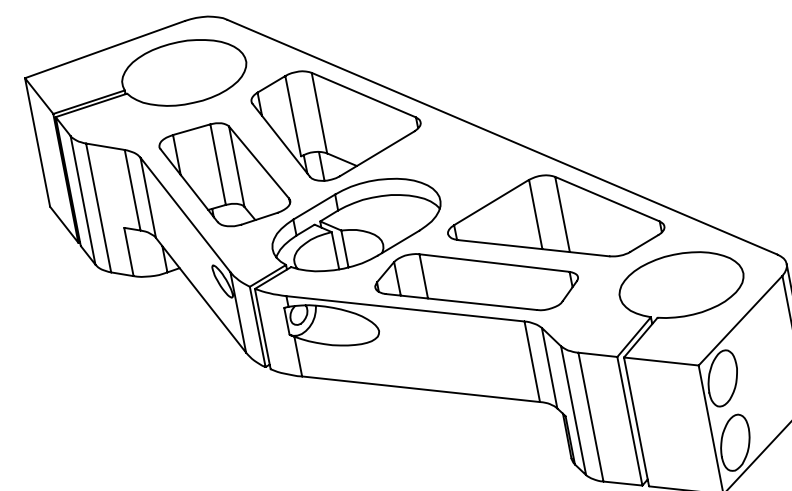
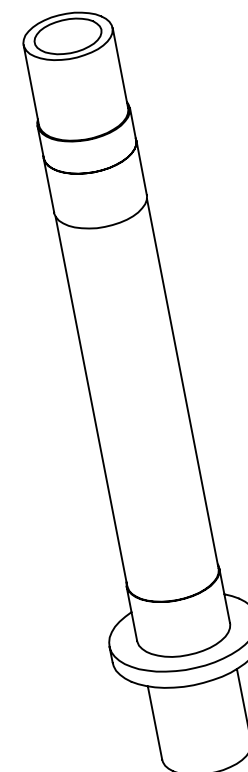
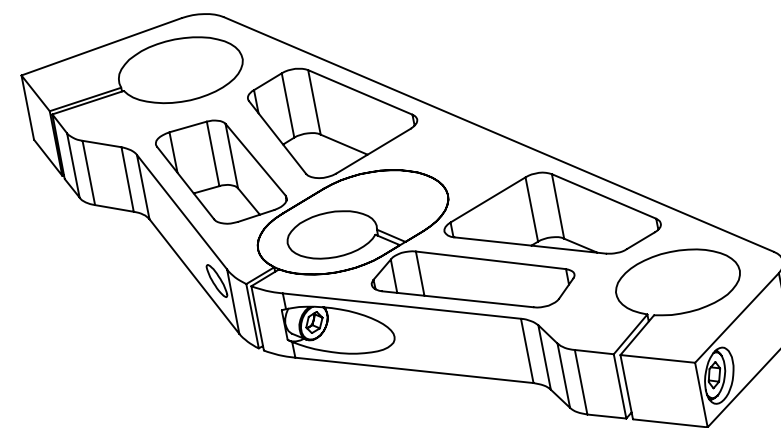
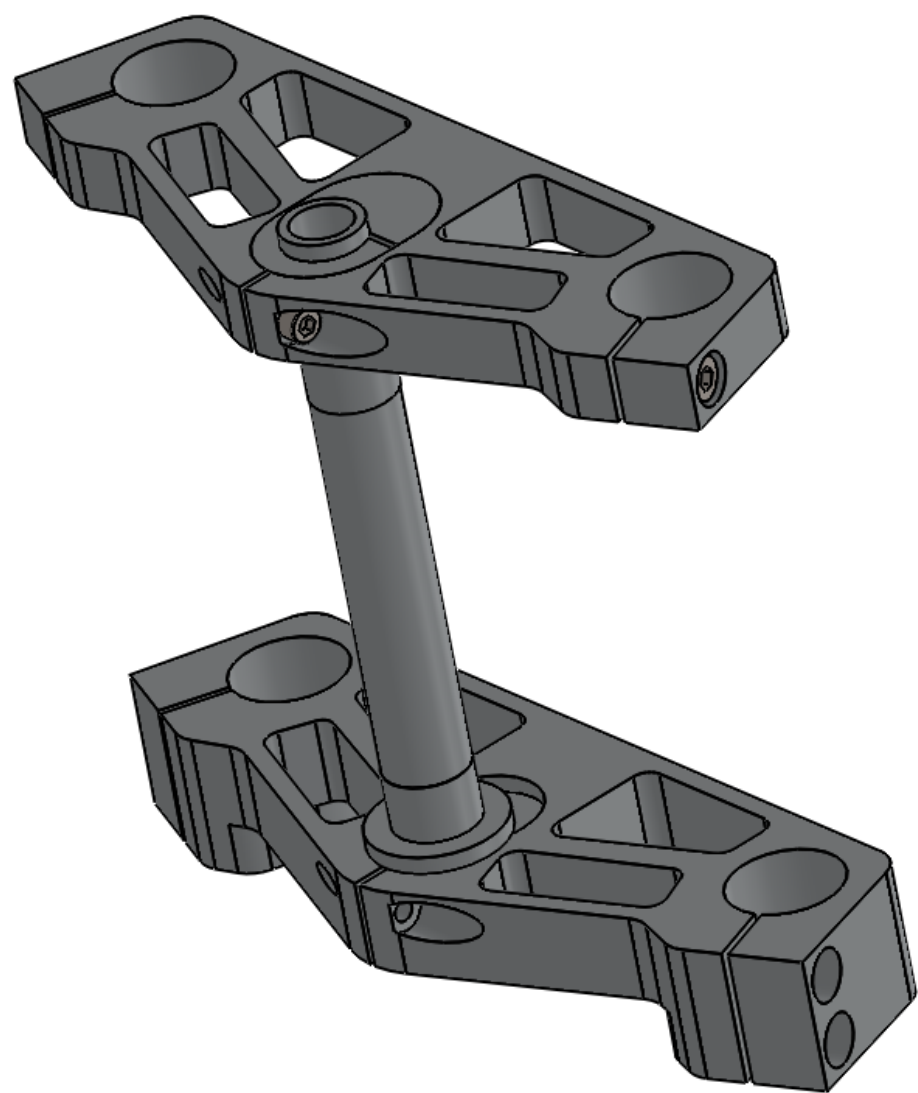
TÍTULO:	Tija inferior	
GRUPO:	Tija	A3
ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1	



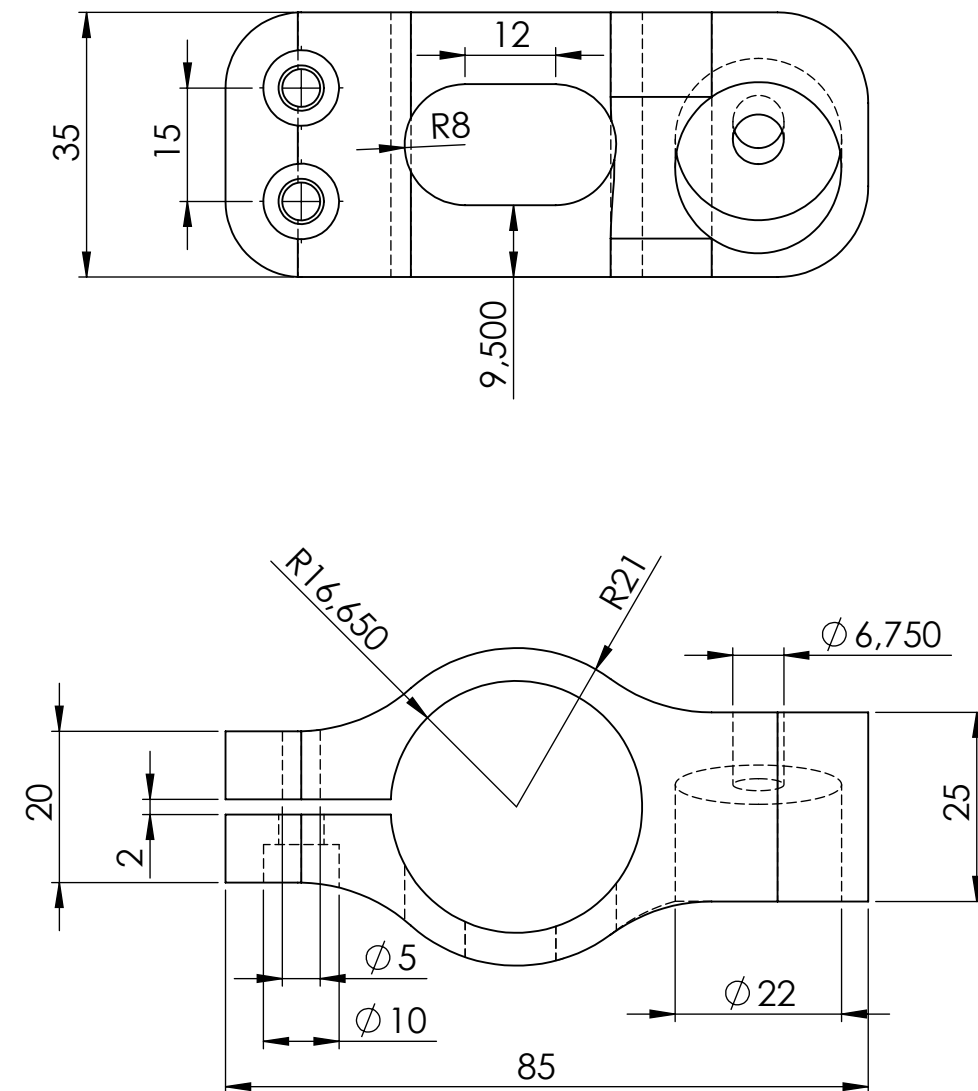
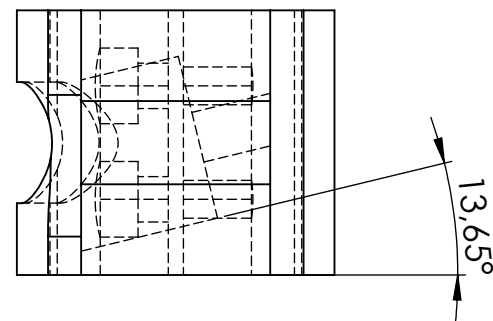
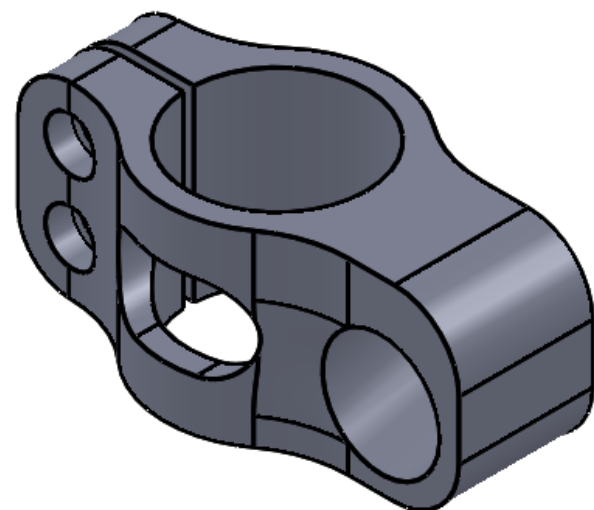
TÍTULO: Detalle 1: Encaje Tija		
GRUPO: Tija		A3
ESCALA:2:1		HOJA 1 DE 1



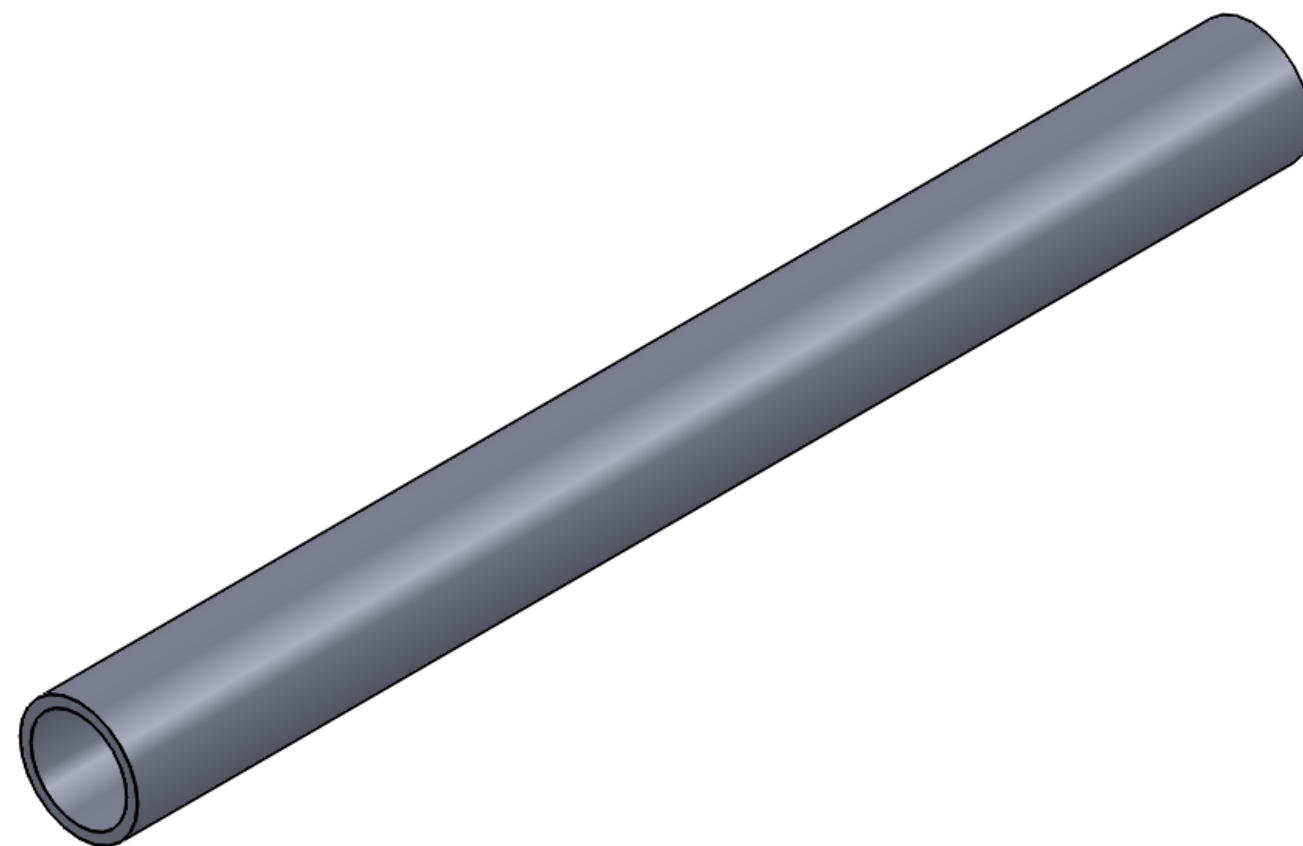
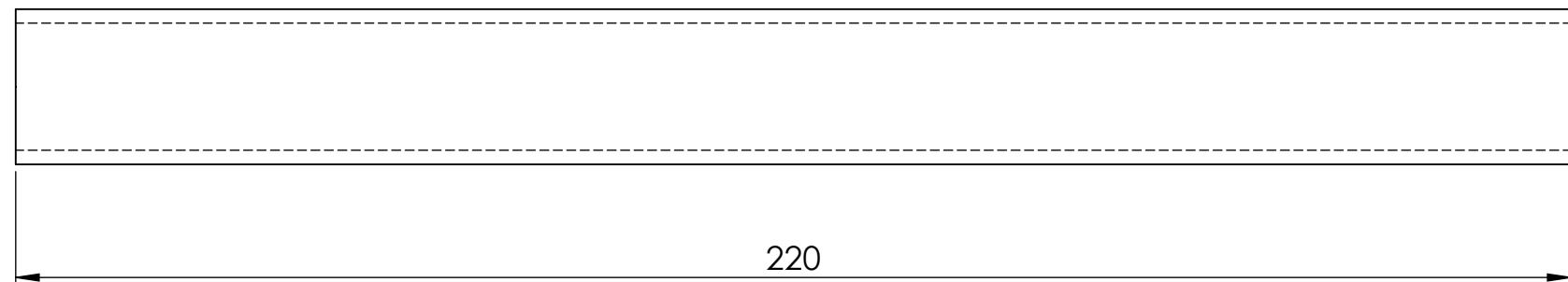
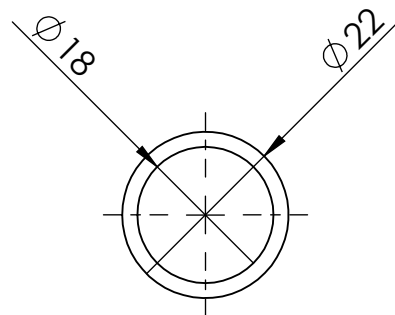
TÍTULO:	Eje de unión	
GRUPO:	Tija	A3
ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1	



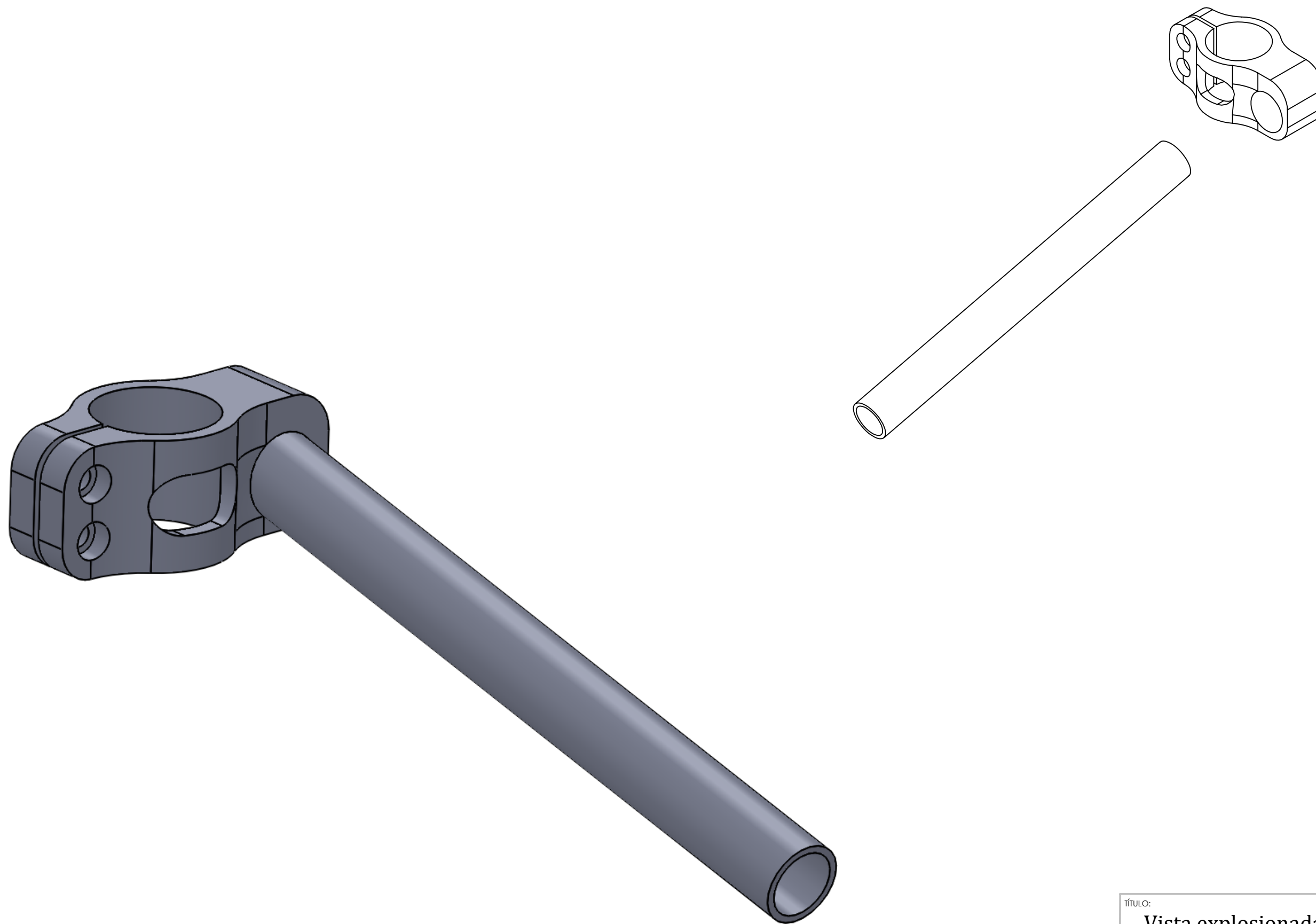
TÍTULO: Vista explosionada y de conjunto		
GRUPO: Tija		A3
ESCALA 1:2		HOJA 1 DE 1



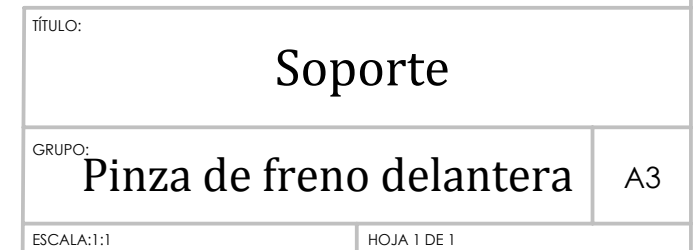
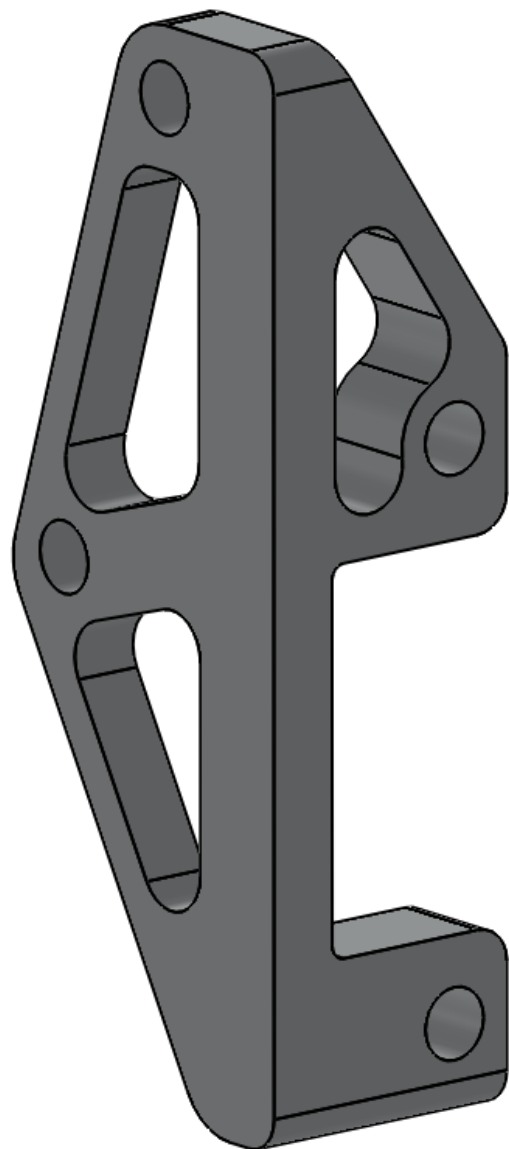
TÍTULO: Acople semimanillar		
GRUPO: Semimanillares		A3
ESCALA 1:1	HOJA 1 DE 1	

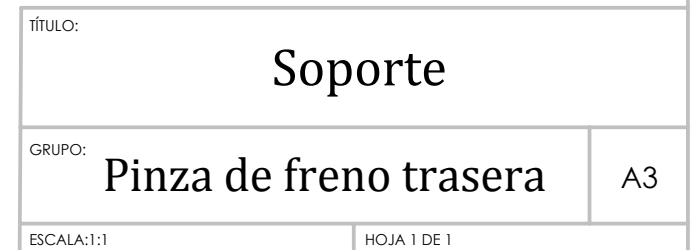
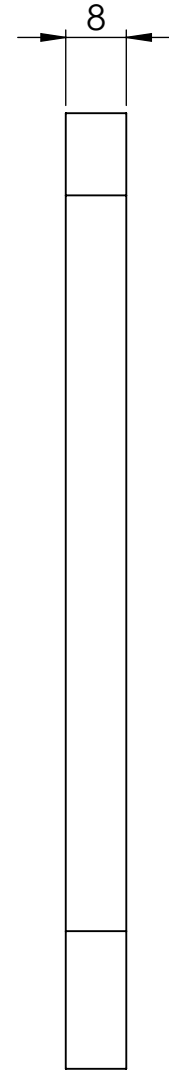


TÍTULO: Barra cilíndrica		
GRUPO: Semimanillares		A3
ESCALA 1:1		HOJA 1 DE 1



TÍTULO: Vista explosionada y de conjunto		
GRUPO: Semimanillares		A3
ESCALA 1:1 - 1:2		HOJA 1 DE 1







Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

Anexo 5

Elementos complementarios

ANEXO 5

ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

En el presente Anexo se pretende aportar información adicional sobre algunos elementos complementarios, cuyo conocimiento es clave para poder realizar algunos de los diseños de elementos auxiliares.

Concretamente se adjuntarán cuatro hojas de características técnicas suministradas por el proveedor *J.Juan. Brake Systems*.

Dos de estas hojas harán referencia a las bombas de freno trasero y delantero. El conocimiento de estos dos elementos será necesario y un aspecto clave, tanto en el diseño completo de los semimanillares como en el de la estribera derecha.

Por otro lado se aportarán dos hojas con características técnicas de las pinzas de freno trasera y delantera. En este caso, ambos elementos resultarán de vital importancia durante el diseño de los soportes para dichas pinzas.

1. Bomba de freno delantera (mano derecha)



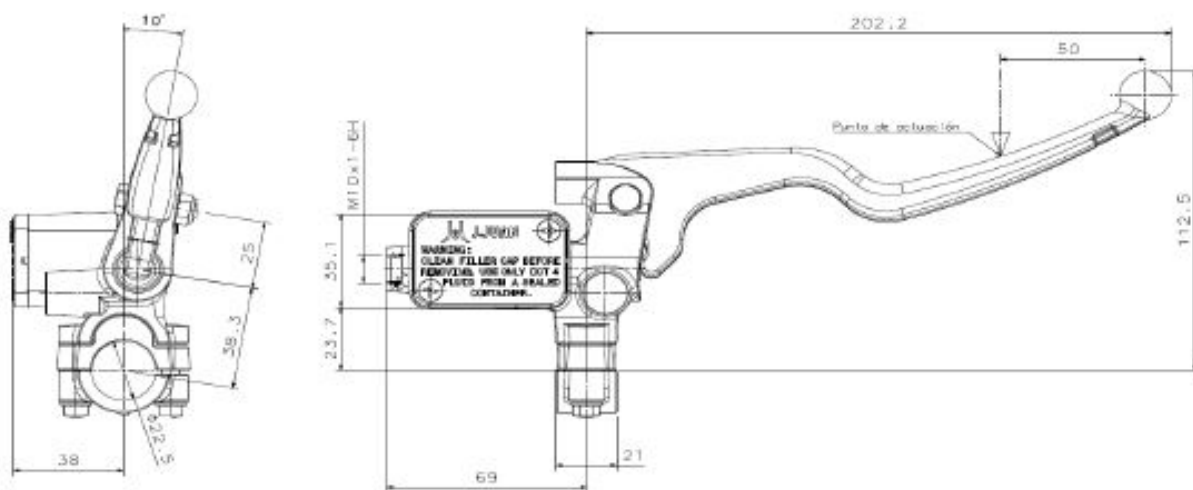
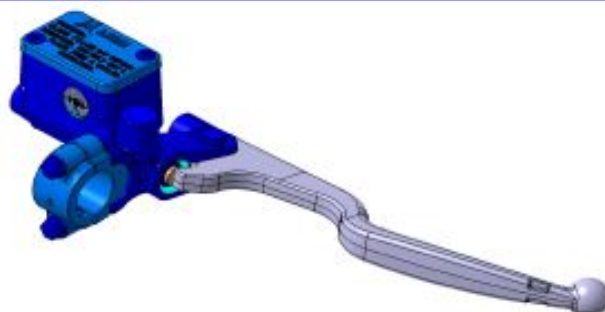
BOMBA DE MANO DER. Ø12.7

Referencia JJUAN

310 91267 017 0

Descripción:

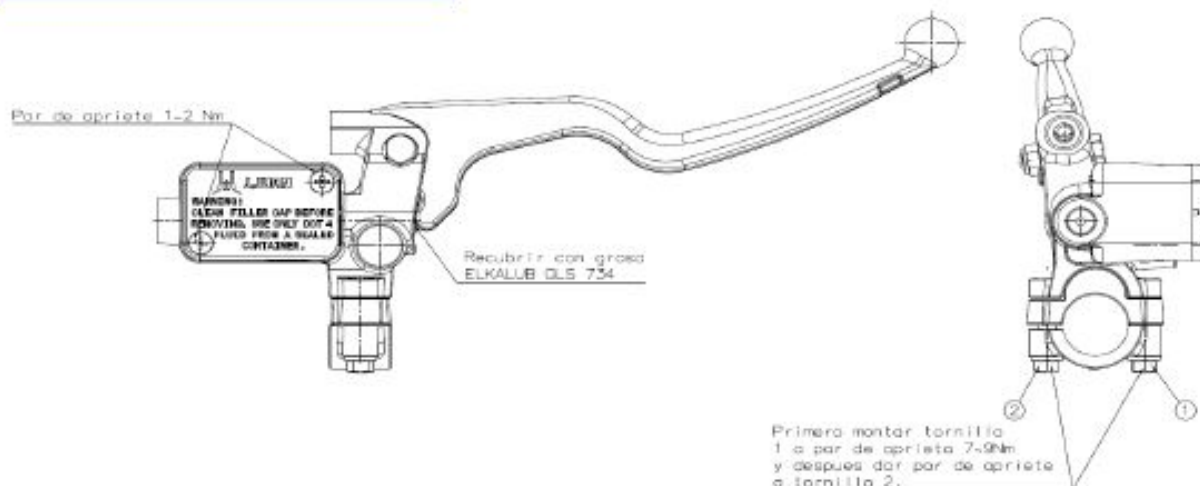
Bomba de mano derecha. Piston de diametro 12,7mm. Para funcionar con líquido de frenos DOT4



Especificaciones técnicas:

Diametro piston	12,7 mm
Ratio leva	5.20 (Tomando como referencia punto de actuación)
Peso	355 g
Volumen Deposito	24,3 Cm2

Instrucciones de instalación:



2. Bomba de freno trasera (pie derecho)



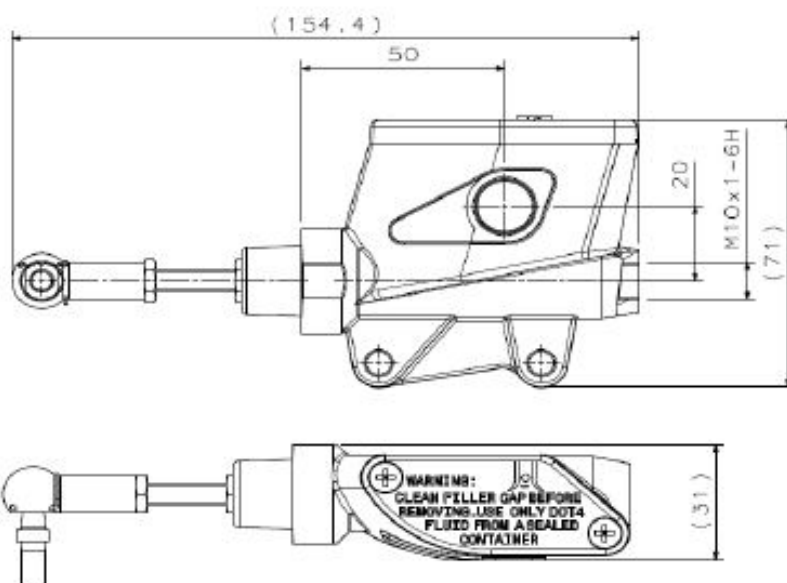
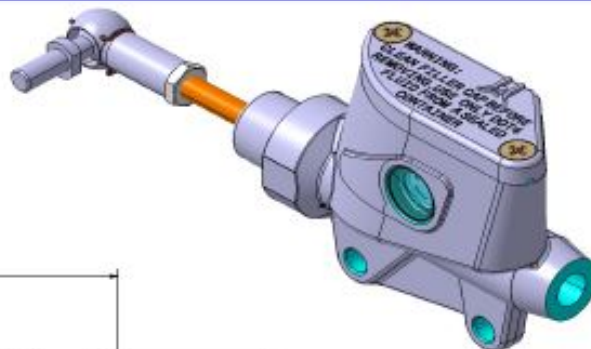
BOMBA DE PIE

Referencia JJUAN

85031-2740G

Descripción:

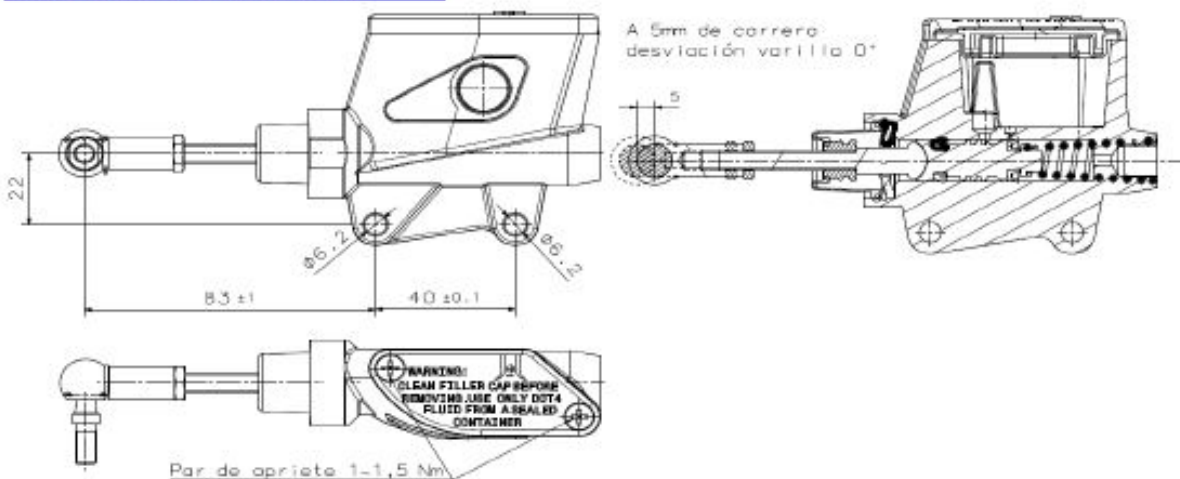
Bomba de pie horizontal. Diámetro de pistón Ø12,7 para funcionar con líquido de frenos DOT4



Especificaciones técnicas:

Diámetro pistón	12,7 mm
Volumen depósito	14,2 Cm ³
Carrera nominal	13 mm
Peso	166,3g

Instrucciones de instalación:



3. Pinza de freno delantera



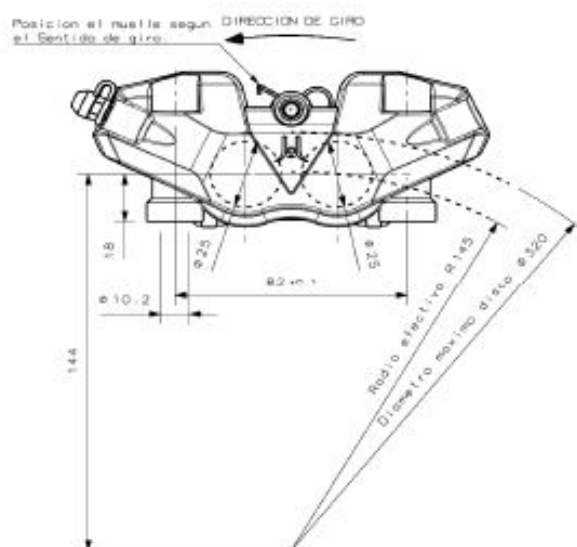
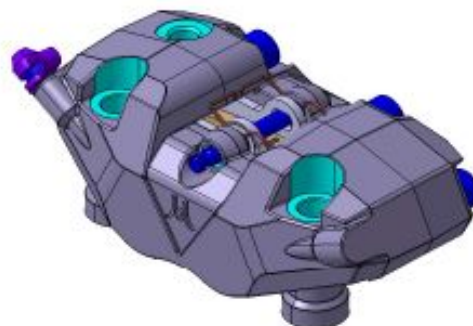
PINZA RADIAL 2P

Referencia JJUAN

321 91267 004 0

Descripción:

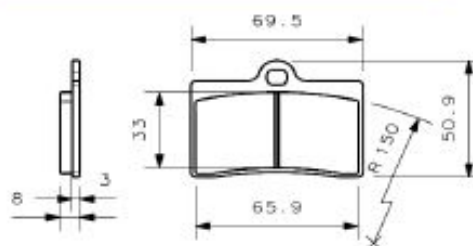
Pinza fija de anclaje radial de 4 pistones.
Cuerpo de aleación de aluminio. Pistones de aluminio anodizado duro, para funcionar con líquido de frenos DOT4



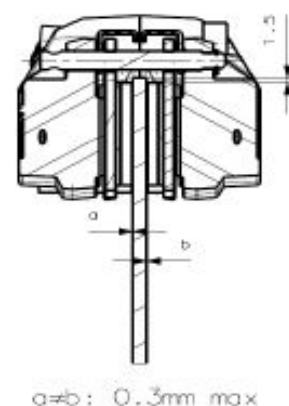
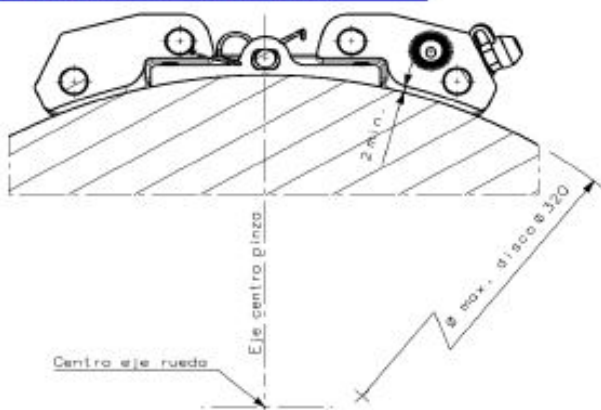
Especificaciones técnicas:

Nº Pistones	4
Díametro	Ø25 mm
Peso	672,8 g
Díametro max. disco	320 mm
Espesor max. del disco	4,5 mm
Pista del disco	34 mm
Superficie pastilla	20 Cm ²

Dimensiones Pastillas



Instrucciones de instalación:



4. Pinza de freno trasera



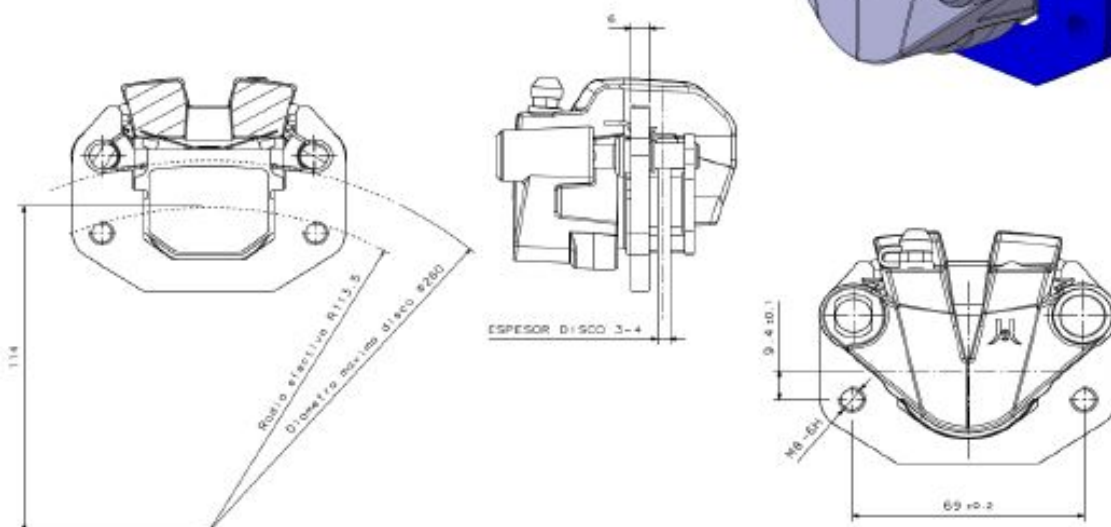
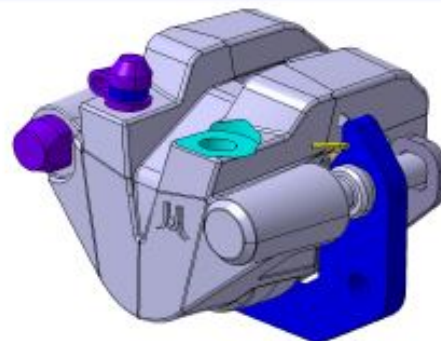
PINZA FLOTANTE 1P

Referencia JJUAN

320 91267 022 0

Descripción:

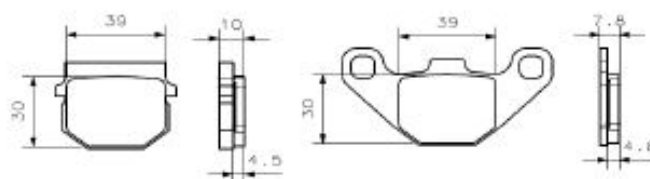
Pinza flotante de 2 pistones. Cuerpo de aleación de aluminio. Pistones de aluminio anodizado duro, para funcionar con líquido de frenos DOT4



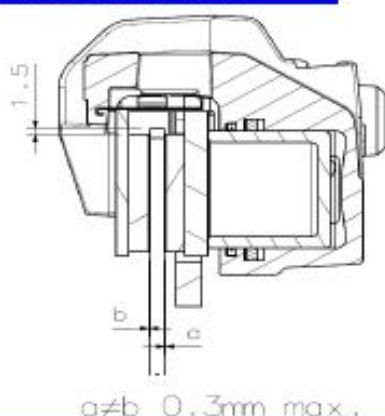
Especificaciones técnicas:

Nº Pistones	2
Diametro	$\varnothing 30$ mm
Peso	476,5 g
Diametro max. disco	260 mm
Espesor max. del disco	4 mm
Pista del disco	30 mm
Superfici pastilla ext.	11,2 Cm ²
Superfici pastilla int.	11,2 Cm ²

Dimenssiones Pastillas

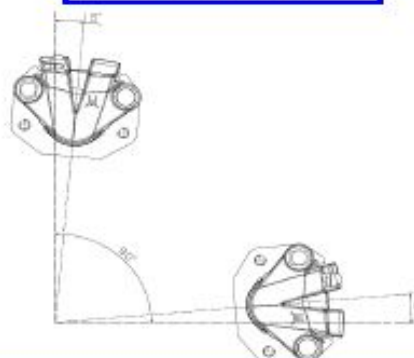


Instrucciones de instalación:



$a \neq b \ 0.3 \text{ mm max.}$

Montaje unicamente en lado derecho.





Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales

etsii UPCT

Bibliografía



BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Tony Foale, "Motorcycle Handling and Chassis Design". Tony Foale. España, 2002.
- ❖ Manuel Arias-Paz Guitián, "Motocicletas" – 33ª Edición. Dossat cie de inversiones editoriales. España, 2006.
- ❖ John Bradley, "The racing Motorcycle: A Technical Guide for Constructors" - Volume 1. Broadland Leisure Publications. Inglaterra, 1996.
- ❖ John Bradley, "The racing Motorcycle: A Technical Guide for Constructors" - Volume 2. Broadland Leisure Publications. Inglaterra, 2003.
- ❖ Bernard Hamrock, Steven Schmid, Bo Jacobson, "Elementos de máquinas" - 2ª Edición. McGraw-Hill Science/Engineering/Math. México, 2000.
- ❖ John Robinson, "Motorcycle Tuning: Chassis" - Second Edition. Butterworth-Heinemann. Inglaterra, 1994.
- ❖ Vittore Cossalter, "Motorcycle Dynamics" – Second Edition. LULU. EEUU, 2006.
- ❖ Gaetano Cocco, "Motorcycle Design & Technology: How and Why". Giorgio Nada Editore. Italia, 1999.
- ❖ Mick Walker, "Motorcycle: Evolution, Design, Passion". The Johns Hopkins University Press. Inglaterra, 2006.
- ❖ Keith Noakes, "Motorcycle Road & Racing Chassis". Veloce Publishing Limited. Inglaterra, 2007.
- ❖ Wayne Scraba, "Practical Fabrication and Assembly Techniques". Motorbooks. EEUU, 2010.
- ❖ "Antonio Cobas. Uno de los grandes". Anesdor. España, 2006.
- ❖ Reglamento "III Competición Internacional MotoStudent".

Páginas Web:

- ❖ <http://www.lumetalplastic.com/>
- ❖ <http://www.matweb.com/>
- ❖ <http://www.artecmoto.com/>
- ❖ <http://www.lamoto2.es/>

Catálogos, manuales y cursos:

- ❖ Catálogo de Suministros Hurtado.
- ❖ Catálogo de Rectificados Levante.
- ❖ Catálogo de ALU-Stock S.A.
- ❖ Curso Teórico de Puesta a Punto. Impartido por Carlos Morante

Artículos:

- ❖ Artículo de Vittore Cossalter sobre "Efecto Giroscópico".
- ❖ Artículos Técnicos de Gassattack.com.
- ❖ Artículos Blog www.motorpasionmoto.com.